

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA
Y CON CEMENTO PORTLAND PARA EL MEJORAMIENTO DE
LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA BASE GRANULAR DEL
PAVIMENTO**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

Bach. AGUILA CAMPOS, ALEX OSCAR
Bach. MÁRQUEZ SÁNCHEZ, PAOLO JESÚS

ASESOR: MSc. Ing. HUAMÁN GUERRERO, NÉSTOR WILFREDO

LIMA-PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi padre, quien ya no está físicamente a mi lado, pero sé que está orgulloso de mí; a mi familia y seres queridos quienes han estado a mi lado apoyándome durante mi carrera universitaria.

Alex Oscar Aguila Campos

Dedicado a mis padres Clever Márquez y Vilma Sánchez, por ser mis principales soportes en todo este proceso de formación profesional. También va dirigida a mi familia en general, que siempre me dieron su apoyo y confianza.

Paolo Jesús Márquez Sánchez

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la vida y salud, también a nuestro asesor MSc. Ing. Néstor Huamán Guerrero por el apoyo y horizonte debido de nuestro objetivo.

A su vez, a nuestras familias por apoyarnos en todo momento durante nuestra formación universitaria y durante el proceso de investigación.

Alex Aguila y Paolo Márquez

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.2.1. Problema general	11
1.2.2. Problemas específicos	11
1.3. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICO.....	11
1.3.1. Objetivo general.....	11
1.3.2. Objetivos específicos	12
1.4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	12
1.4.1. Importancia del Estudio	12
1.4.2. Justificación del Estudio	13
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.6. ESTRUCTURA TEÓRICA Y CIENTÍFICA QUE SUSTENTA EL ESTUDIO	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	15
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.2. INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL TEMA.....	15
2.2.1. Investigaciones Internacionales	15
2.2.2. Investigaciones Nacionales	17
2.3. BASES TEÓRICAS.....	19
2.3.1. Pavimentos	19
2.3.2. Cemento Portland.....	25
2.3.3. Emulsión Asfáltica.....	31
2.3.4. Estabilización de Materiales Granulares.....	40
2.4. ENSAYOS DE MATERIAL DE CANTERA.....	45
2.4.1. Análisis granulométrico por tamizado	45
2.4.2. Ensayo límite líquido y límite plástico	45
2.4.3. Contenido de humedad	46

2.4.4. Proctor Modificado	46
2.4.5. Relación de soporte de California o Ensayo California Bering Ratio (CBR)..	46
2.4.6. Equivalente de Arena	47
2.4.7. Absorción	47
2.5. ENSAYOS DE MATERIAL ESTABILIZADO.....	47
2.5.1. Ensayo Proctor Modificado	47
2.5.2. Relación de soporte de California o Ensayo California Bering Ratio (CBR):	50
2.6. DISEÑO DEL PAVIMENTO.....	50
2.6.1. Datos para el diseño de pavimentos.....	52
2.6.2. Resumen de parámetros de diseño	60
2.6.3. Diseño de Pavimento con material estabilizado con Cemento Portland.....	61
2.6.4. Diseño de Pavimento con material estabilizado con Emulsión Asfáltica....	62
2.7. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	63
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	67
3.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	67
3.1.1. Hipótesis General.....	67
3.1.2. Hipótesis Específicos	67
3.2. RELACIÓN ENTRE VARIABLES	67
3.2.1. Variable Independiente	67
3.2.2. Variable Dependiente.....	67
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	68
4.1. TIPO Y MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	68
4.1.1. Método de la investigación	68
4.1.2. Orientación de la investigación.....	68
4.1.3. Enfoque de la investigación	68
4.1.4. Nivel de investigación.....	68
4.1.5. Diseño de la investigación	68
4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	69
4.2.1. Población de Estudio.....	69
4.2.2. Diseño Muestral	69

4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS	69
4.4. PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	69
4.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	69

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN..... 70

5.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	70
5.1.1. Resultados de los ensayos de los materiales de la Base Granular	70
5.1.2. Resultado de los ensayos de la base granular estabilizada con Emulsión Asfáltica.	72
5.1.3. Resultado de los ensayos de la base granular estabilizada con Cemento Portland.....	73
5.1.4. Comparación de los resultados de los ensayos con los estabilizadores	74
5.1.5. Resultado de los diseños estructurales para el primer tramo	74
5.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	75
5.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	76

CONCLUSIONES 78

RECOMENDACIONES 79

BIBLIOGRAFIA 80

ANEXOS..... 79

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	79
ANEXO 2: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	80
ANEXO 3: CÁLCULO DEL TRÁFICO DE DISEÑO.....	81
ANEXO 4: REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE LA CANTERA SANTA FORTUNATA I.....	82
ANEXO 5: REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE LA CANTERA SANTA FORTUNATA II.....	94
ANEXO 6: CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS DE LA CANTERA SANTA FORTUNATA I.....	104
ANEXO 7: CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS DE LA CANTERA SANTA FORTUNATA II.....	105
ANEXO 8: PREDISEÑO MARSHALL DE LA CANTERA SANTA FORTUNATA I....	106

ANEXO 9: PREDISEÑO DE LA BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	118
ANEXO 10: PAVIMENTO FLEXIBLE, HOJA DE CÁLCULO DE DISEÑO PAVIMENTOS METODO MTC Y AASHTO 93 (1ER TRAMO)	124
ANEXO 11: PAVIMENTO FLEXIBLE, HOJA DE CÁLCULO DE DISEÑO PAVIMENTOS METODO MTC Y AASHTO 93 (2DOR TRAMO).....	125
ANEXO 12: TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS, DATOS METEOROLOGICOS DEL SENAMHI	126
ANEXO 13: CARTA DE AUTORIZACIÓN.	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Minerales que componen el Cemento	26
Tabla 2. Constitución mineral	28
Tabla 3. Requerimiento de Emulsión asfáltica Catiónica	33
Tabla 4. Composición de las Emulsiones Asfálticas	34
Tabla 5. Nomenclatura para la clasificación de las Emulsiones	36
Tabla 6. Tipo de Emulsión Asfáltica características y aplicación	39
Tabla 7. Rango típico cemento según clasificación de suelo.....	48
Tabla 8. Número de Repeticiones acumulables de ejes Equivalentes de 8.2 tn en el carril de diseño	51
Tabla 9. Número de Repeticiones Acumuladas de ejes Equivalentes de 8.2 tn en el carril de diseño	51
Tabla 10. Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 tn.....	52
Tabla 11. Resultados de laboratorio Suelos de Fundación del acceso a la mina Cuajone	54
Tabla 12. Resumen de los Resultados de Laboratorio Suelos de Fundación a la Mina Cuajone	55
Tabla 13. Ejes Equivalentes por Tipo de Vehículo y Tipo de Pavimento para un periodo de 20 años	56
Tabla 14. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño	57
Tabla 15. Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) según Rango de Tráfico	58
Tabla 16. Índice de Serviciabilidad Final (Pt) según Rango de Tráfico	58
Tabla 17. Calificación a la Calidad de Drenaje.....	59
Tabla 18. Parámetros de Diseño de Pavimento.....	61
Tabla 19. Espesores Resultantes	62
Tabla 20. Espesores Resultantes	63
Tabla 21. Resultados de Ensayos	70
Tabla 22. Resultados de Ensayos	71
Tabla 23. Resultado de Ensayos realizado a la mezcla Suelo - Emulsión	72
Tabla 24. Resumen del prediseño de la Base estabilizada	72
Tabla 25. Resumen del Pre diseño de la base estabilizada	73
Tabla 26. Resultados de Ensayos realizado a la mezcla Suelo - Cemento	73

Tabla 27. Resultados de Ensayo realizado a la mezcla Suelo-Cemento y Suelo-Emulsión	74
Tabla 28. Parámetros y cálculos de diseño estructural	74
Tabla 29. Resumen y valores finales de espesores	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de Pavimento Flexible.....	20
Figura 2: Pavimento Semirrígido.....	21
Figura 3: Estructura de Pavimento Rígido.....	21
Figura 4:Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos.....	22
Figura 5:Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos.....	22
Figura 6: Representación esquemática de una emulsión aniónica y catiónica.....	35
Figura 7: Ruptura de Emulsión Asfáltica.....	37
Figura 8: Diagrama de una Emulsión.....	38
Figura 9: Fabricación de Emulsión Asfáltica.....	40
Figura 10: Resistencia a la Compresión vs Contenido de Cemento.....	49
Figura 11: Distribución de tipos de suelos de fundación del tramo km 0+00 al km 2+00	53
Figura 12: Distribución de tipos de suelos de fundación del tramo km 2+00 al km +472	53
Figura 13: Coeficiente de capa de la sub base en función del CBR.....	60

RESUMEN

El presente proyecto de tesis es una investigación deductiva con una orientación aplicada de diseño experimental, en donde nuestro objetivo es realizar el análisis del desembargo de la estabilización con cemento portland y emulsión asfáltica a fin de mejorar las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento en el acceso a la mina Cuajone.

En esta investigación se tomaron en cuenta los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos en el expediente técnico de SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION con el nombre de Ingeniería para Construcción de Carpeta Asfáltica desde la Binacional con Garita Villa Cuajone, con la finalidad de realizar cuadros comparativos con data obtenida en registros bibliográficos hasta la actualidad y poder proponer una solución óptima con respecto al uso de la emulsión asfáltica y el cemento portland. Esta comparación se hizo entre el material virgen y con cada estabilizador a usar con el fin de ver el mejoramiento y cambios en los resultados de CBR, MDS y ver la diferencia entre los espesores de la base realizando un diseño del pavimento con el método ASSHTO 1993, de acuerdo a cada estabilizador aplicado.

Finalmente, al realizar la comparación, se obtiene como mejor estabilizador al cemento portland ya que, presenta mejores resultados según los ensayos y el diseño del pavimento obteniendo espesores menores en la base granular, pero, sin embargo, se recomienda optimizar los porcentajes de dosificación para cada estabilizador, con el fin de reducir costos de material.

Palabras Clave: CBR, MDS, Cemento portland, Emulsión asfáltica, Método ASSHTO 1993, estabilizador

ABSTRACT

This thesis project is deductive research with an applied orientation of experimental design, where our objective is to carry out the analysis of the disembarkation of the stabilization with portland cement and asphalt emulsion in order to improve the mechanical properties of the granular base of the pavement in access to the Cuajone mine. In this research, the results of the laboratory tests obtained in the technical file of SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION with the name of Engineering for Asphalt Sheet Construction from the Binational with Garita Villa Cuajone were taken into account, in order to make comparative tables with data obtained in bibliographic records to date and to be able to propose an optimal solution regarding the use of asphalt emulsion and portland cement. This comparison was made between the virgin material and with each stabilizer to be used in order to see the improvement and changes in the results of CBR, MDS and to see the difference between the thickness of the base performing a pavement design with the ASSHTO 1993 method. , according to each stabilizer applied.

Finally, when making the comparison, portland cement is obtained as the best stabilizer since it presents better results according to the tests and the pavement design, obtaining smaller thicknesses in the granular base, but nevertheless, it is recommended to optimize the dosage percentages for each stabilizer, in order to reduce material costs.

Keywords: CBR, MDS, Portland Cement, Asphalt Emulsion, ASSHTO Method 1993, stabilizer.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto titulado: “Análisis de Estabilización con Emulsión Asfáltica y con Cemento Portland para el mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de la Base Granular del Pavimento”. Debido a la necesidad de realizar una comparación entre los resultados más óptimos al estabilizar el material granular para base con estabilizadores como la emulsión asfáltica y el cemento portland, específicamente para el acceso vial a la mina Cuajone – Moquegua. Teniendo en consideración la gradiente térmica y el impacto ambiental.

La presente investigación tiene como objetivo Proponer alternativas de un Pavimento Económico, especialmente enfocándonos en la estabilidad de una base granular estabilizada, que sea rentable en base al ciclo de vida.

En este trabajo mostramos dos propuestas de estabilización a una base granular, la cual logra mejorar los límites máximos del material, basado en los resultados de laboratorio que nos ayuden a observar y entender el sentido de estas proposiciones.

El desarrollo de la presente investigación se divide en 5 capítulos:

En el Capítulo I, se presenta el planteamiento del problema, compuesto por la descripción y formulación del problema, objetivos de la investigación, delimitación de la investigación y justificación e importancia del estudio.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico, compuesto por los resúmenes de tesis, artículos, libros tanto nacionales como internacionales, así como también la definición de términos básicos.

En el Capítulo III, se presenta el sistema de hipótesis, compuesto por las hipótesis principales y secundarias, así como las variables.

En el Capítulo IV, se presenta el marco metodológico, compuesto por el tipo, método, diseño de la investigación, así como técnicas de recolección, procesamiento y análisis de información.

En el Capítulo V, se presenta la presentación y análisis de resultados de la investigación, compuesta por el diagnóstico y situación actual, propuesta de selección del estabilizador más óptimo, presentación de resultados, análisis de resultados, contrastación de hipótesis y finalmente con conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Uno de los principales problemas que detiene el desarrollo de las sociedades en el Perú y el Mundo es la falta de accesos o redes viales que permitan la comunicación y faciliten el transporte y comercio entre las mismas. En el Perú existe una amplia brecha entre la Red Vial Nacional y la Red Vial Departamental, estando la primera de un total de 26,800 kilómetros pavimentada en un 80%, mientras la segunda a lo más llega al 13% de los 27,500 kilómetros que la conforman. (EL PERUANO, 2019) La problemática radica en la necesidad de conectar el territorio peruano en su totalidad, la escasa inversión de recursos económicos, la falta de mantenimiento de las redes viales del país, el abandono de poblaciones rurales por parte del Estado; eventos que promueven el desarrollo económico de los pueblos, contribuyendo al incremento en el PBI (Producto Bruto Interno) del país. (De La Torre, M., 2018)

Las zonas rurales del país son las más afectadas, ya que muchas veces resultan ser abandonadas por las autoridades, forzando a paralizar su desarrollo. Además de contar con un territorio accidentado y de difícil acceso, se suma la necesidad de mejorar estas vías para permitir un tránsito de mayor fluidez y que nos permita transportar mercadería de un lugar a otro. (Aliaga & Soriano, C., 2019)

Los suelos inestables se encuentran presentes en casi todas las vías no pavimentadas en el mundo y nuestro país no es ajeno a esta realidad. Es por ello que muchas investigaciones llevadas a cabo buscan corregir y/o en su defecto apalear estos problemas, para los cual se usan diversos métodos y técnicas cuya única finalidad es anular o en su defecto mitigar esta deficiencia, aumentando la capacidad de soporte de los suelos y por ende mejorar el comportamiento frente a las cargas de los vehículos a los que estarán expuestos.

Los pueblos están fuertemente ligados al buen estado de sus vías de acceso, esto en vista que todos los pueblos necesitan realizar intercambios comerciales. En nuestro país muchos pueblos están privados de contar con vías de acceso en buen estado y en muchos otros casos ni siquiera cuentan con alguna de ellas, esto es debido al alto costo que tiene realizar un proyecto vial, por lo mismo al no contar con un número de población que sustente la inversión prevista muchos de estos proyectos resultan en inviábiles o de mulo interés.

En vista a lo anterior nace la necesidad de implementar opciones que optimicen la estructura de las redes viales, permitiendo incrementar el tránsito vehicular tanto de vehículos livianos como pesados. Por lo cual se busca proponer la utilización de estabilizadores como Cemento Portland y Emulsión Asfáltica, para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos granulares. Estos productos corrigen y mejoran el material granular elegido proporcionándole mayor resistencia, impermeabilidad, etc.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida la comparación de la estabilización de base con cemento portland y emulsión asfáltica nos permite establecer las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento en el acceso vial a la mina cuajone basada en registros bibliográficos en el año 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué medida el análisis de las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento, se estabiliza con emulsión asfáltica para el acceso vial a la mina cuajone basado en registros bibliográficos?
- b) ¿En qué medida el análisis de las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento, se estabiliza con cemento portland para el acceso vial a la mina cuajone basado en registros bibliográfico en el año 2021?
- c) ¿Qué propuesta es la más óptima para la estabilización de las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento en el acceso vial a la mina cuajone basado en registros bibliográficos en el año 2021?

1.3. Objetivo general y específico

1.3.1. Objetivo general

Establecer la comparación de las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento aplicando la Estabilización con cemento portland y con emulsión asfáltica para proponer la alternativa óptima para la estructura del pavimento en el acceso vial a la mina cuajone basada en registros bibliográficos en el año 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Analizar las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento estabilizado con emulsión asfáltica para el acceso vial a la mina cuajone basado en registro bibliográfico en el año 2021.
- b) Analizar las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento estabilizado con cemento portland para el acceso vial a la mina cuajone basado en registro bibliográfico en el año 2021.
- c) Proponer la Estabilización de la base granular con emulsión asfáltica o cemento portland para la optimización y aplicación en el acceso vial a la mina cuajone basado en registros bibliográfico en el año 2021.

1.4.Importancia y Justificación del Estudio

1.4.1. Importancia del Estudio

La importancia de la investigación reside en aportar y ampliar los conocimientos existentes en la carrera de Ingeniería Civil con respecto al uso de materiales como emulsión asfáltica y cemento portland.

Por esto en la reciente investigación se busca determinar la influencia del cemento portland y de la emulsión asfáltica para estabilizar la base granular del pavimento del acceso vial a la mina Cuajone que requiere evitar el deterioro prematuro del pavimento y oportunamente aplicar un mantenimiento rutinario y periódico de menor costo y una mayor vida útil; para así observar cómo actúa en cuanto al mejoramiento de permeabilidad y a su capacidad portante del suelo y si se logra respetar las normativas técnicas correspondientes.

Así mismo se quiere obtener una mayor trabajabilidad de suelos de fundación y componentes estructurales del pavimento más allá de las condiciones naturales.

Los materiales anteriormente mencionados proporcionan soluciones amigables al medio ambiente y proporcionan una mejora en las propiedades mecánicas de la base granular, con lo cual se busca la estabilización con estos materiales, siendo una alternativa de solución ante el cuidado del medio ambiente, así como en procedimientos técnicos y ante la situación económica.

1.4.2. Justificación del Estudio

Este proyecto se concibe bajo la necesidad de implementar y difundir nuevas propuestas en aporte al mejoramiento de vías de comunicación, de esta forma se fomenta el desarrollo social, económico, salud, etc; importante para el crecimiento del país y con menores costos de inversión.

Finalmente, la importancia de esta investigación reside en proporcionar de discernimiento fundamentales para la elaboración de una óptima base granular estabilizada para mejora del pavimento con altos índices de resistencia y una mejor vida útil.

Justificación Económica

Los materiales anteriormente mencionados proporcionan soluciones amigables al medio ambiente, proporciona una mejora en las propiedades mecánicas de la base granular.

Justificación Social

Este proyecto se concibe bajo la necesidad de implementar y difundir nuevas propuestas en aporte al mejoramiento de vías de comunicación, de esta forma se fomenta el desarrollo social, económico, salud, etc. importante para el crecimiento del país.

Justificación Metodológica

La presente se realiza por la necesidad de proporcionar métodos novedosos que mejoren las propiedades mecánicas de los suelos con los que se conforman la estructura de los pavimentos, siendo a su vez alternativas rentables y económicas.

1.5.Limitaciones de la investigación

Debido a la coyuntura que se atraviesa a nivel mundial del cual el país no es ajeno a causa del virus COVID-19 no se pueden recolectar información de campo, por lo cual se ha conseguido los datos estudios técnicos realizados a materiales de una cantera de la zona.

Se recolectarán datos de estudios realizados en tesis, revistas, con desarrollo de temas relacionados a la presente investigación.

1.6. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

La estructura que explica el presente estudio está dada por los antecedentes del mismo que sirven de soporte académico y proporcionan la suficiente información para desarrollar de manera correcta y detallada el uso de estabilizantes como la emulsión asfáltica y el cemento portland para mejorar las propiedades mecánicas de las bases granulares. Mediante esta investigación se busca incentivar al uso de este tipo de materiales ya que proporcionan resultados favorables contribuyendo al desarrollo del patrimonio vial del país.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio de la investigación

El cemento utilizado como estabilizador de suelo se despliega esencialmente para la construcción de carreteras. En el año 1935 (Estados Unidos) se aplicó el proceso de estabilización de suelo – cemento, se reveló que el cemento es utilizado para estabilizar suelo de clasificación arenosa y arcillosa, originando en ello la reducción de límite líquido, así como también aumentando el índice de plasticidad y la manipulación de suelos arcillosos. La estabilización de suelos in situ que no poseen las propiedades requeridas para una determinada aplicación de ingeniería con cemento Portland puede ser un medio eficaz y económico de mejorar la calidad del material nativo. Los ingenieros civiles comúnmente emplean esta técnica de remediación probada en lugar de alternativas más costosas, como la remoción y reemplazo del suelo marginal. Sin embargo, a pesar del uso generalizado de la estabilización de cemento en las comunidades de pavimentos tanto civil como militar, actualmente no existe ningún método para determinar la capacidad de rendimiento de las capas estabilizadas con cemento. Se necesita un método para verificar si la nueva construcción proporcionará la capacidad operativa especificada en el diseño y para determinar la capacidad de rendimiento restante de las capas de suelo estabilizado existentes. (Griffin & Tingle, 2009)

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1. Investigaciones Internacionales

(Quiroz, W., 2017) en su tesis, “comparación entre la estabilización de suelos con emulsión asfáltica, y la estabilización de suelos con asfalto y diésel para determinar cuál estabilización proporciona mayor densidad aparente y relación de soporte cbr”, en el cual se sintetizó la comparación de la estabilización del esfuerzo del suelo con emulsión asfáltica, y la estabilización con asfalto y diésel para calcular que tipo de estabilización provee mayor densidad aparente y valor relativo de soporte CBR; y se calculó que el suelo con el asfalto y emulsión asfáltica en caliente se da una densidad de 2484 gr/cm³ y este valor faculta encontrar el CBR adecuado ; por lo que se obtuvo 60 de CBR con una estabilización de suelo al 9% , 50 de CBR con

una estabilización de suelo con el 3% de asfalto y 6% de Diésel. También en vínculo a costos resultó más apropiado la estabilización con emulsión asfáltica y por ende se optimiza cualquier proyecto elaborado con este material.

(Burbano, J. & Zuluaga, D., 2011), en su investigación para optar el título Profesional, titulado “Influencia de la granulometría y la dosificación en el fresado estabilizado con emulsión asfáltica”, el cual fue centrada en calcular la mutabilidad en la respuesta mecánica del material de fresado estabilizado con emulsión asfáltica, en función de la variación de las curvas granulométricas y los contenidos de ligante. En el que se concluyó que al agregar emulsión a un material que inicialmente contiene asfalto, incrementará el porcentaje de ello de manera significativa en la mezcla final, y en diferencia con los resultados hallados, se concluye que la modificación térmica influye de modo crítico en el desempeño de las probetas ensayadas con respecto al estudio.

Rosero en la presentación su tesis sobre “Bases estabilizadas con emulsión asfáltica para pavimentos (aplicación calle Nogales, Parroquia Nayón L= 1 km)” ante la Universidad Central del Ecuador, planteo como objetivo principal Optimizar las propiedades mecánicas de los materiales granulares de baja calidad, que provienen de las canteras aledañas a la metrópoli de Quito, tratados con la estabilidad con emulsión asfáltica y destinados para su aplicación en las bases de los pavimentos llegando a concluirse que La aplicación de bases estabilizadas con emulsión asfáltica representa una buena opción para la construcción de pavimentos, así como de la repavimentación de vías; además, admite mejorar los recursos con las siguientes ventajas: Disminución de costos en comparación con otras opciones de estabilizadores y mezclas asfálticas en caliente. Su implementación es de aplicación en tiempo corto. Genera menos inconvenientes para el tránsito vehicular. Disminución de la conmoción al medioambiente, mitigando sus efectos. (Rosero, F., 2013)

En el año 2014, María Angélica Sánchez Albán, en su trabajo de investigación titulada: Estabilización de suelos expansivos con cal y con cemento en el sector calcical del cantón Tosagua provincia de Manabín, la estabilización de suelos para el diseño de pavimento, se utilizó el 7 y 9% de cemento como

estabilizante, con lo que se obtuvo una reducción en el índice de plasticidad en 11.5 y 36% para cada porcentaje de cemento.

(Zambrano & Tejada, 2019). Publicaron la Revista de Arquitectura e Ingeniería, titulada “Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles”, en el cual explican las características de los materiales granulares para la construcción de pavimentos flexibles en la Ciudad de Portoviejo en Ecuador y el Comportamiento de las Emulsiones Asfálticas con sus ventajas y aplicaciones con dicho material granular.

(Divas, E., 2018) En su tesis, “Estabilización de suelos con emulsión asfáltica para el empleo en subbases y bases” evaluó las propiedades mecánicas de los suelos y se obtuvo que acrecentaron al disminuir la plasticidad de los mismos y al suministrar el porcentaje óptimo de emulsión asfáltica, ya que su resistencia a la compresión no confinada incrementó, así como la compresibilidad Marshall, debido a los suelos finos y el CBR no incrementa significativamente por la insuficiente fricción entre sus partículas. Por lo que se concluyó que estabilizar los suelos finos con insuficiente plasticidad se realice con el método de Duriez, lo cual, iniciando de la granulometría que tenga el material, se debe hallar el porcentaje óptimo de emulsión asfáltica a fijar, con los datos hallados en la resistencia a compresión indirecta Marshall.

2.2.2. Investigaciones Nacionales

En el año 2015, Flores Flores Jaime Saul, manifestó en su trabajo de sondeo titulada: Estabilización de suelos con fines de conformación de la estructura de un pavimento flexible estabilizado con cemento en la ciudad de Juliaca, La estabilización de suelos para la planificación y construcción de pavimentos se conceptualiza como una mejora de los materiales o agregados de sub rasante, sub base y base, aumentando de manera notoria la capacidad de carga y su resistencia y a la vez disminuyendo los cambios de volumen durante el tiempo de humedecimiento y secado y también disminuye su sensibilidad al agua. (Flores, J., 2015)

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

estabilizante en las propiedades físicas mecánicas del material granular, hallando lo siguiente: Aplicando el cemento portland en solo 1% de aumento en peso del material granular, incrementa la máxima densidad seca en 0.45%, con 2% de añadidura, aumenta 1.36% y con 4% de añadidura aumenta en 2.27% de la máxima densidad seca, el cemento portland en 1% de añadidura en peso del material, aumento el valor de CBR al 100% de la MDS en 219.89%, con 2% de añadidura aumenta en 532%, y como conclusión no es bueno añadir cemento en porcentajes de mayor valor porcentual.

(Castillo, P., 2018), tuvo como ecuánime calcular la influencia de la utilización de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada. Para ello, ejecutó los ensayos de caracterización de propiedades químicas, físicas y mecánicas del suelo. Finaliza que, con el aditivo PROES, obtiene un mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo con la dosificación de 0.27 L/m³ aplicado con cemento Portland, por la razón que con este incremento significativamente la capacidad de soporte al 100% respecto al suelo en estado nativo. Finaliza que, indicó que el aditivo químico Proes con el cemento Portland, aumenta la capacidad de soporte del suelo cohesivo, avalando un buen resultado en la estabilización de suelo para una apropiada actividad de un pavimento. Esta tesis suma en mi averiguación, ya que nos da mención de una dosificación óptima que podría comenzar a utilizar en el proyecto.

Como resultados de los registros bibliográficos previos, para el desarrollo de la presente investigación, se tomaron en cuenta los valores de los ensayos aplicados al material de base granular con cemento portland y emulsión asfáltica, aplicando el criterio de que en cada Artículo científico, tesis y conferencias estudiadas y analizadas, se utilice el mismo material granular o de propiedades similares al material virgen de cantera obtenido en el expediente técnico, utilizado para la presente tesis. Por el cual se promediaron valores aproximados de CBR obtenidos por registros bibliográficos para los ensayos de material virgen de cantera con emulsión asfáltica y con cemento portland.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Pavimentos

➤ Conceptos y tipos de pavimentos

De acuerdo con el MTC, los tipos de pavimentos son:

- Pavimentos flexibles
- Pavimentos semirrígidos
- Pavimentos rígidos

● **Pavimento Flexible o Asfáltico.**

El Pavimento Flexible o también llamado Pavimento Asfáltico, consta de una estructura que está conformada por capas granulares (base y subbase) y una capa de superficie de rodadura, constituida con materiales bituminosos agregados, aglomerantes, etc. Se le conoce como capa de superficie de rodadura asfáltica la cual puede ser: micropavimento, mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, mezcla asfáltica en frío, tibia o en caliente. Cada una de las capas que conforman el paquete estructural de un pavimento flexible se colocan de manera descendente, por tanto, la primera capa o capa superior es aquella que proporciona mayor capacidad de carga, la sobrecarga en cada capa es transferida a la capa inmediatamente inferior, de tal forma se distribuye y se soporta el total de la carga emitida sobre el paquete estructural. Este tipo de pavimento presentan una vida de servicio aproximada de 20 años y se utiliza usualmente en vías de alto tránsito como son Avenidas, Carreteras, etc; la inversión económica inicial es menor comparada a la de un pavimento rígido, pero requiere mantenimiento constante de la carpeta de rodadura.

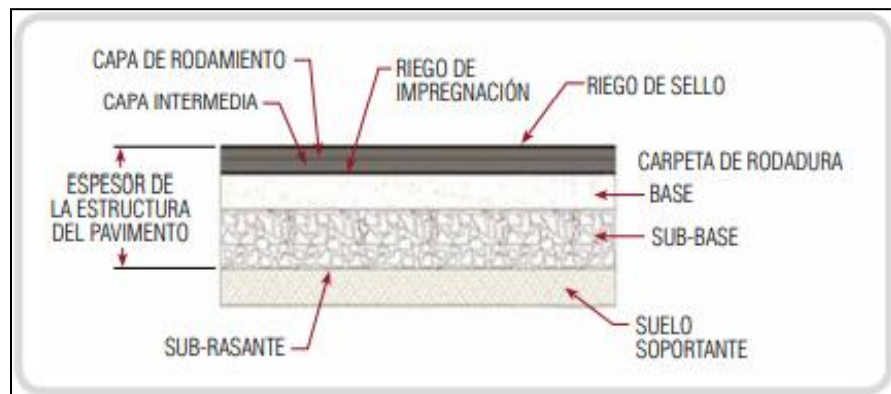


Figura 1: Estructura de Pavimento Flexible

Fuente: (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015)

- **Pavimento Semirrígido**

El Pavimento semirrígido también llamado Pavimento Híbrido, mixto o compuesto, presenta una estructura que combina diferentes tipos de pavimentos tales pueden ser pavimentos “flexibles” y “Rígidos”. Está conformada por capas asfálticas de espesor total bituminoso, también se puede considerar si sobre la base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Usualmente la capa superior es una capa de pavimento flexible y la capa rígida se encuentra por debajo del pavimento flexible. Este sistema presenta una elevada vida de servicio además de una excelente capacidad estructural. El uso de este tipo de pavimento es recomendable para zonas urbanas, ya que presenta una gran resistencia al desgaste y a la exposición a la humedad, a su vez el mantenimiento del mismo no representa un costo elevado y proporciona un tiempo de servicio prolongado, sin embargo, de llegar a fallar este sistema tiene un alto valor económico repararlo.

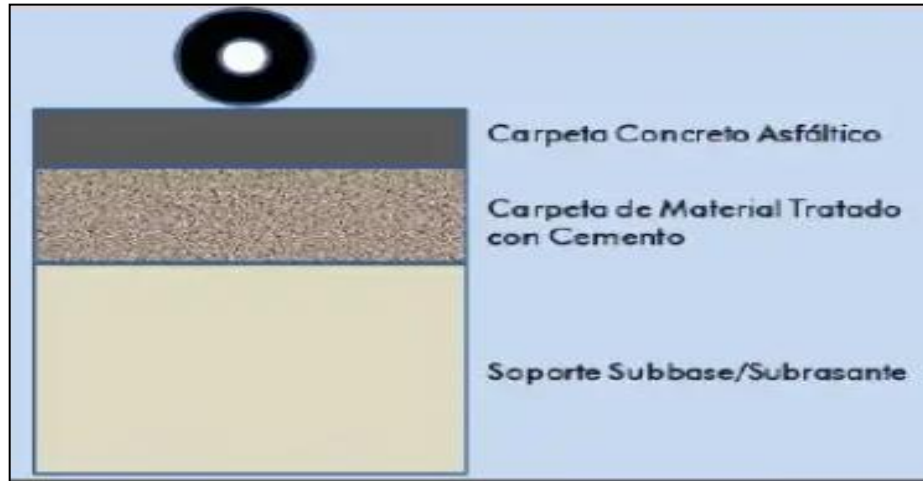


Figura 2: Pavimento Semirrígido

Fuente: (Ñamo, P., 2015)

- **Pavimento Rígido**

El Pavimento Rígido o también llamado Pavimento Hidráulico presenta una estructura conformada usualmente por dos capas, la capa superior o también llamada carpeta de rodadura es una losa de concreto la cual puede presentar refuerzos de acero dentro de su estructura, y la segunda capa que está formada por material granular. Al igual que el pavimento asfáltico, traslada las cargas ejercidas sobre la carpeta de rodadura hacia la capa inferior.

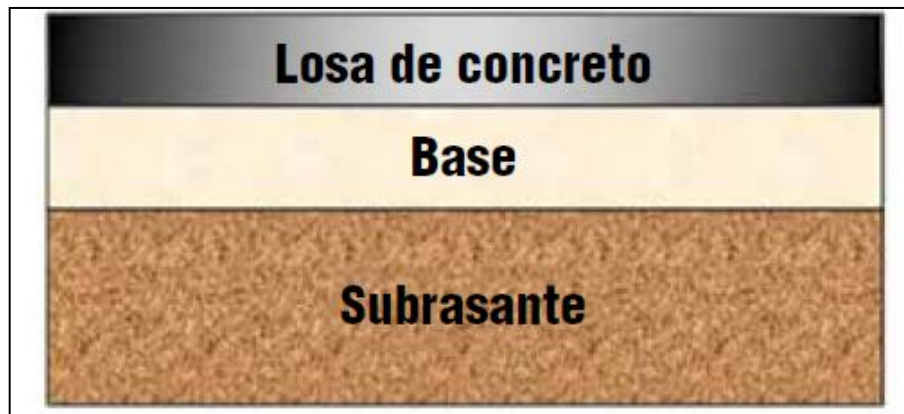


Figura 3: Estructura de Pavimento Rígido

Fuente: (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015)

La principal diferencia entre el pavimento flexible y el pavimento rígido está en la distribución de cargas, los pavimentos flexibles al presentar

un gran módulo de elasticidad permiten distribuir las cargas producidas sobre la carpeta de rodadura en un área grande, mientras que la distribución de cargas en un pavimento flexible es puntual siendo el área de distribución pequeña.

En la siguiente figura, podremos observar la diferencia que hay entre el pavimento flexible y pavimento rígido con respecto al comportamiento estructural de cada uno.

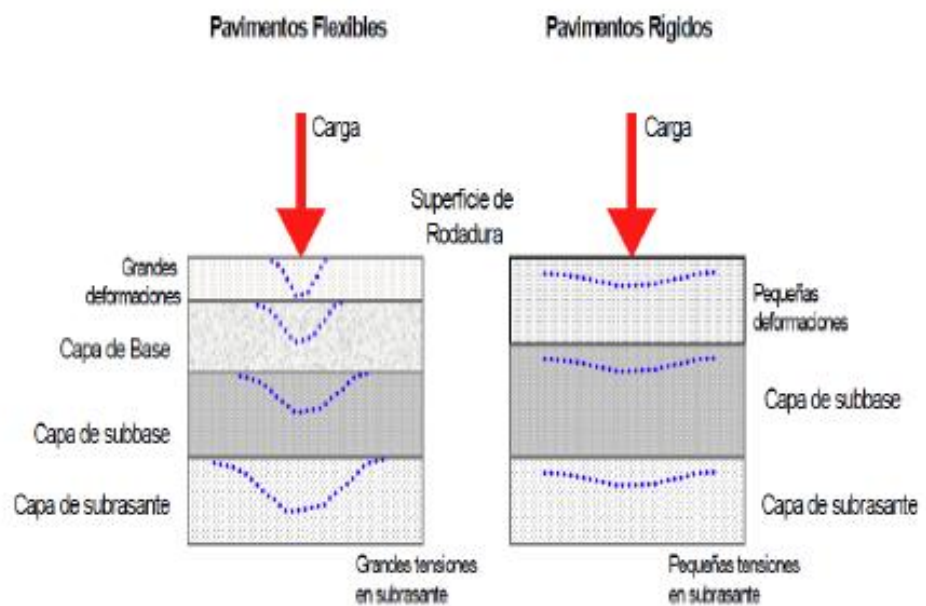


Figura 4:Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos

Fuente: (Coronado, J., 2002)

➤ Estructura de los pavimentos

El pavimento de manera general está compuesto por una serie de capas de la siguiente manera:

- Sub-base
- Base
- Superficie de rodadura

Se presentan las definiciones de las capas que conforman el paquete estructural usual de un pavimento basado en Pautas metodológicas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de

inversión pública de carreteras (MEF, 2015) y el Manual de carreteras Suelos, geología, geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014)

- **Sub - Base**

Es la capa del paquete estructural del pavimento que cumple con las funciones de: soportar, transmitir y distribuir de manera uniforme las cargas aplicadas desde la superficie de rodadura del pavimento a la sub-rasante. La sub-base soporta la acción de las cargas y las variaciones que pueden afectar al suelo (sub-rasante). A su vez esta capa cumple la función de capa drenante y como control de ascensión capilar del agua o la humedad que pueda existir en la sub-rasante por lo que ordinariamente es de material granular. En temperaturas bajas la presencia de capilaridad produce hinchamientos producto del congelamiento del agua causando daños a la estructura completa del paquete estructural del pavimento.

- **Base**

La capa base está ubicada entre la carpeta de rodadura y la sub-base. Cumple la función de distribuir y transmitir las cargas que son generadas por el tránsito vehicular, a la capa inferior, a su vez sirve como capa de soporte a la capa de rodadura. Las bases especificadas son las siguientes:

- Base granular

Es una de las capas que conforma la estructura del pavimento está ubicada entre la sub-base y la carpeta de rodadura, esta capa está compuesta por piedra triturada graduada de buena calidad, suelo gravoso y material de relleno, usualmente es extraído de canteras cercanas que cumplan con lo solicitado en el diseño estructural del pavimento. Los materiales que conforman la base granular deben ser de primera calidad para proporcionar un comportamiento adecuado y asegurar la calidad del trabajo final, sirviendo beneficiosamente al paquete estructural del pavimento. La estabilidad de la base dependerá de la calidad y graduación de los componentes que la conforman, así mismo de su forma, densidad relativa, cohesión de

partículas y fricción interna, estas propiedades están directamente sujetas a la relación proporcional que existe entre la cantidad de agregado fino y agredo grueso que la conformen.

- Base estabilizada

Es una de las capas que conforma el paquete estructural del pavimento, ubicada entre la sub-base y la carpeta de rodadura. Esta capa está compuesta por piedra triturada graduada de buena calidad, suelo gravoso y material de relleno, los cuales son combinados con materiales estabilizadores también llamados agentes estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus propiedades mecánicas de resistencia y estabilidad, para proporcionar una base apta destinada específicamente a transmitir y soportar cargas originadas por el tránsito. Los agentes estabilizadores más utilizados son: asfalto, emulsiones asfálticas, enzimas, cemento y cal.

- Materiales de base y sub base

Comúnmente se emplea para la construcción de las capas de la estructura del pavimento material granular obtenido de canteras seleccionadas que cumplan con lo solicitado en el diseño del pavimento, sin embargo, actualmente se vienen empleando técnicas que permiten reutilizar el agregado perteneciente a pavimentos en mal estado deteriorados por el tiempo de uso, contribuyendo a la reducción de la explotación de canteras y reduciendo costos de producción. (De La Torre, M., 2018).

Usualmente se utiliza el parámetro del CBR de sus siglas en inglés “Californian Bearing Ratio”, también llamado Valor Relativo de Soporte el cual sirve para evaluar el correcto material que ofrezca mayor resistencia de corte.

En el caso de la Sub Base el CBR mínimo requerido debe ser 40%, mientras que para la Base el rango aceptable del CBR debe estar entre 80% al 100%. El ensayo de Californian Bearing Ratio o número de CBR resulta

de someter una muestra de suelo al 100% de la Máxima Densidad Seca para lograr una penetración de carga de 0.1". (LAPA, C., 2018)

Es recomendable que el módulo de elasticidad de la capa base que recibe fuerzas de la carpeta asfáltica sea semejante o próxima a esta última, por lo tanto, el uso de agentes estabilizadores tales como cal hidratada, emulsión asfáltica, cemento portland es necesario para mejorar las propiedades mecánicas de la base, así mismo evitar y prevenir que la carpeta asfáltica se fisure o agriete de manera temprana.

2.3.2. Cemento Portland

➤ Definición de Cemento Portland

Goma, Fernando (1979). Es un material fino (polvo) de color grisáceo, al mezclarse con agua obtiene una textura pastosa (cemento más agua), es el material activador en la elaboración de concreto y por lo tanto es responsable de la resistencia, durabilidad y variaciones volumétricas que sufre el concreto (P.1)

El cemento portland, es uno de los conglomerantes hidráulicos más utilizados en la construcción ya que al estar conformado por la mezcla de yeso, arcilla y caliza los cuales son minerales abundantes en la naturaleza, tiene un bajo costo en comparación al uso de otros materiales, además de contar con propiedades adecuadas para la construcción.

El proceso de fabricación de cemento empieza con la adquisición de las materias primas indispensables para obtener la composición adecuada de óxidos metálicos para la producción de Clinker el cual se produce mediante la cocción a 1480°C aproximadamente, éste está compuesto principalmente por silicatos de calcio hidráulicos y por una o más formas de sulfato de calcio que son adicionados durante la molienda. Durante la cocción se genera una fusión parcial y reordenamiento de los componentes que conforman la materia prima dando lugar a pequeños nódulos de Clinker que varían en un diámetro de 5 – 50 mm. Posteriormente el Clinker obtenido de la cocción es mezclado con 5% de yeso (sulfato de calcio dihidrato) y sometido a un proceso de molienda dando por resultado el Cemento Portland.

Es decir: Cemento Portland = Clinker + Yeso

El cemento Portland puede ser usado para mejorar y modificar la calidad de un suelo o para modificar las propiedades mecánicas de un suelo y que proporcione mayor resistencia y durabilidad a lo largo del tiempo. El volumen de cemento a utilizar va depender del tipo de suelo y de las condiciones en que se encuentre este suelo, por lo cual cabe la posibilidad de tener que modificarlo o estabilizarlo. En principio, según la norma peruana, todo tipo de cemento puede ser usado para estabilizar los suelos, siempre y cuando su diseño de mezclas sea analizado, en este proceso es cuando se determinan los volúmenes de cemento que se deberán utilizar para la estabilización del suelo teniendo siempre claro que para diferentes tipos de suelo las proporciones a utilizar de cemento también serán diferentes, así mismo durante este proceso se va reduciendo agente perjudiciales para la resistencia del suelo-cemento, como es el caso de los sulfatos, los cual al encontrarse presentes en cantidades porcentuales mayores al 0.2% reducen la resistencia a la compresión.

➤ Composición y constitución del Cemento Portland

Martínez R. (2009). “El Cemento portland está conformado principalmente por silicatos y aluminatos de calcio, los mismos que al combinarse químicamente como el óxido de calcio (CaO), la sílica (Si O₂), alúmina (Al₂ O₃) y el óxido de hierro (Fe₂ O₃).” (P.25)

Según ASOCEM, en la siguiente tabla se presentan los minerales que contienen los componentes principales del cemento y sus porcentajes de participación en la elaboración del mismo:

Tabla 1. Minerales que componen el Cemento

Mineral	Símbolo	Porcentaje
Oxido de Calcio	CaO	62.5% - 64.5%
Oxido de Silicio	SiO ₂	19% - 22%

Oxido de aluminio	Al_2O_3	4% - 6%
Oxido de fierro	Fe_2O_3	3% - 3.5%
Oxido de magnesio	MgO	0.9% - 2.9%
Anhídrido sulfúrico	SO_3	2.3% - 2.6%

Fuente: Elaboración Propia

De tal forma se tiene que para la fabricación del Clinker los principales minerales que lo componen son:

- La caliza ($CaCO_3$), es el componente calcáreo y tiene una representación del 70-80% dentro de la conformación del Clinker.
- Silicato de aluminio hidratado, es el componente arcilloso y tiene una representación del 15 - 25% dentro de la fabricación el Clinker.
- Así mismo se utiliza Arena como componente corrector, de tal forma se eleva el contenido de sílice, hierro y óxido de hierro.
- El Silicato Tricálcico representado por su ordenamiento químico como $3CaO.SiO_2$ (C3S), es el responsable principal que aporta resistencia, del fraguado inicial y del endurecimiento del cemento.
- El Silicato Dicálcico representado por su ordenamiento químico como $2CaO.SiO_2$ (C2S), es el componente responsable del incremento de la resistencia para edades mayores a los 7 días.

Tabla 2. Constitución mineral

Símbolo	(%)
C ₃ S	48 - 52
C ₂ S	17 - 27
C ₃ A	6 - 10
C ₄ AF	9 - 11

Fuente: Elaboración propia

➤ Reacciones de agua y Cemento Portland

Al mezclar el cemento portland con agua, los componentes minerales producen las siguientes reacciones químicas:

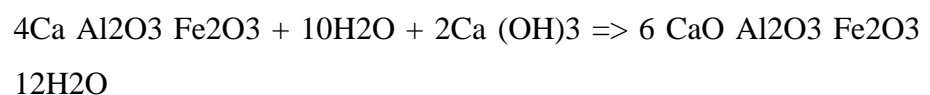
- Silicato tricálcico + agua => tobermorita Calcio hidratado:



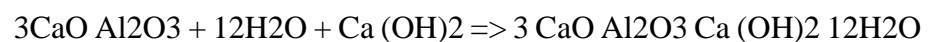
- Silicato bicálcico + agua => tobermorita Calcio hidratado:



- Aluminio ferrito tetra cálcico + agua + Calcio hidratado => Calcio Aluminio ferrito hidratado:



- Aluminato tricálcico + agua + Calcio hidratado => Aluminato tetra cálcico hidratado:



Conocer las reacciones que se generan en el cemento conforme pasa el tiempo es de suma importancia, por lo cual a continuación se realiza la descripción de los intercambios producidos en el cemento conforme va adquiriendo resistencia en el tiempo.

(Aliaga & Soriano, C., 2019) Definen los intercambios producidos en el cemento de la siguiente forma:

- Intercambio catiónico: El Na^+ y el K^+ son Cationes monovalentes que pueden ser reemplazados por cationes de valencia mayor. Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} . En términos prácticos el intercambio iónico reduce el espaciamiento entre las láminas de arcilla.
- Intercambio catiónico - floculación/aglomeración Floculación ocurre porque la unión en el plano se debilita y además se comienzan a depositar material cementado en las caras de la arcilla. Modifica la textura de un material plástico a un material "fino - granular" y aumenta la fricción interna.
- Hidratación Este proceso ocurre solo con el cemento. La cementación estabiliza las partículas floculadas. Se desarrollan enlaces muy fuertes entre el cemento hidratado y las partículas de arcilla. Nota: Al principio, el calcio que se usa para la estabilización, es localizado sobre la superficie de masas de suelo. Con el tiempo, el calcio se traslada a la arcilla, mejorando la estabilización. Esto ocurre con el tratamiento de cal y con el cemento.
- Reacción puzolánica (solo en minerales de arcilla con aluminio) Es una reacción secundaria en la estabilización de suelos que se desarrolla en un ambiente con pH alto ($>12,5$) aumentando la solubilidad y reactividad de la sílice y aluminio contenido en la arcilla.

➤ Definición del Suelo – Cemento Portland

El suelo – cemento se refiere a la mezcla de cantidades establecidas entre agua y cemento portland, la cual al ser compactada para obtener una alta densidad. (ACI 116R, 2000)

El suelo – cemento se define como un producto de la mezcla, compactación y curado de suelo, cemento portland, aditivos y agua para formar un producto final endurecido con propiedades específicas. Una cualidad del suelo – cemento, es que las partículas del suelo se mantienen unidas por una pasta de cemento, mientras que en el concreto las partículas están revestidas en su totalidad por una mezcla de cemento. Por lo cual el suelo – cemento es colocado como suelo, pero tiene un comportamiento posterior como concreto. (ACI 230.1R - 90, 1997)

El suelo – cemento es el resultado de una mezcla de material de suelo pulverizado, cemento portland y agua que se curan y compactan obteniendo altas densidades y el endurecimiento sea más efectivo. Obteniendo una mezcla resistente a los esfuerzos de compresión prácticamente impermeable termo aislante y estable en el tiempo. (Toirac, J., 2008)

➤ Componente del Suelo – Cemento Portland

Los componentes que conforman el suelo – cemento portland son los siguientes:

- Agua: es un líquido el cual debe estar libre de sustancias o minerales perjudiciales como ácidos y material orgánico.
- Suelo: los suelos en su gran mayoría pueden ser estabilizados con cemento portland, los suelos no tienen por qué estar bien graduados para ser estabilizados pues la cohesión se alcanzará por hidratación del cemento. Sin embargo, los suelos mal graduados que contienen altas cantidades de material fino necesitan mayor proporción de cemento.

Es sumamente importante rescatar que el cemento portland es aplicable a suelos granulares principalmente y mezcla del mismo con suelos finos tales como: arenas, limos, etc. Identificando los siguientes tipos de suelos:

- Arena y grava: se efectúa el trabajo de pulverización y mezcla con cemento, identificando que la proporción de cemento a utilizar en la mezcla es relativamente baja a las demás mezclas.
- Suelo arenoso: los suelos arenosos como la arena de playa demandan gran cantidad de cemento. Y durante su ejecución o etapa de construcción pueden presentar problemas debido a la falta de cohesión.
- Suelos limosos y arcillosos: mientras más fino o arcilloso es el suelo, es necesario mayor cantidad de cemento para su estabilización, además, suelen presentar problemas de pulverización y mezcla íntima.

Por lo cual para este tipo de suelos es recomendable y de mayor aplicación el uso de cal para la estabilización.

2.3.3. Emulsión Asfáltica

➤ Definición de emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica consiste en una fina dispersión de partículas de asfalto y agua. Las diminutas gotas de asfalto se mantienen dispersadas de manera uniforme en su fase acuosa debido a la intervención de un agente emulsificante – surfactante – que genera la repulsión suficiente para preservar la estabilidad del sistema hasta el momento de su aplicación. (CESPEDES, J, 2019)

➤ Composición de emulsión asfáltica

Una emulsión asfáltica comprende de tres componentes, el asfalto o cemento asfáltico, agua y el agente emulsificante.

- **Asfalto o Cemento asfáltico:**

El cemento asfáltico o asfalto, es el componente principal para la elaboración de la emulsión asfáltica, constituyendo un 50% a un 75% de toda la emulsión. El cemento asfáltico o asfalto es un complejo sistema coloidal de hidrocarburos.

- **Agua:**

El agua como componente de una emulsión asfáltica, puede afectar a la producción de emulsiones asfálticas estables, en el agua encontramos algunas impurezas las cuales deben ser medidas debiendo controlarse especialmente los iones de calcio y magnesio los cuales afectan considerablemente las propiedades de la emulsión. La presencia de estas materias extrañas puede causar roturas tempranas en la emulsión. (Rosero, F., 2013)

El agua natural es inadecuada ya que presenta impurezas residuos los cuales pueden ser encontrados en solución o suspensión coloidal. Principalmente lo preocupante es la presencia de iones de magnesio y calcio. Los iones anteriormente mencionados contribuyen a la formación de un tipo de emulsión catiónica estable, sin embargo, es común añadir cloruro de calcio a las emulsiones catiónicas con la

finalidad de mejorar la estabilidad mientras se almacena. La presencia de dichos iones es perjudicial en emulsiones aniónicas, debido al presentar iones de calcio y magnesio, los cuales normalmente son usados en las emulsiones. Los aniones de carbonatos y bicarbonatos por su efecto amortiguador pueden facilitar la estabilización de emulsiones aniónicas, sin embargo, al reaccionar con hidrocloruros de aminas solubles en agua pueden desestabilizar emulsiones catiónicas.

La presencia de sustancias o partículas en el agua natural, pueden causar efectos perjudiciales en la emulsión catiónica, ya que desequilibra los componentes en la emulsión causando una rotura permanente.

- **Agente Emulsificante:**

El agente emulsificante representa una pequeña parte de la emulsión, sin embargo, es de gran importancia ya que depende de este producto que determina el tipo de emulsión la cual puede ser emulsión aniónica, emulsión catiónica o emulsión iónica. El agente emulsificante o también llamado Surfactante mantiene en suspensión a las partículas del asfalto y controla la rotura oportuna. (Rosero, F., 2013)

Los surfactantes o agentes emulsificantes se clasifican de acuerdo a cómo reaccionan con el agua, en su estructura presentan un equilibrio molecular contando con una cadena lipofílica y teniendo una cabeza polar hidrofílica. Estos son asimilados en los cambios de fase entre líquidos y sólidos, o gases y líquidos. Durante la interfase los grupos lipofílicos se orientan hacia la fase menos polar y los grupos hidrofílicos se orientan hacia la fase más polar, por lo cual la molécula o ion que actúa como surfactante, cumple la función de puente entre ambas fases. Los agentes surfactantes se clasifican en tres tipos, catiónicos, aniónicos y no aniónicos. El principal factor en la emulsión es el agente emulsificante el cual actúa en combinación con agua de buena calidad libre de impurezas y un asfalto de buena calidad, de esto dependerá la estabilidad de la emulsión y el comportamiento en su colocación en la carretera. En la siguiente Tabla 3 se muestran los requerimientos de una emulsión asfáltica catiónica.

Tabla 3. Requerimiento de Emulsión asfáltica Catiónica

Características	Ensayos	CSS-1h	
		Min	Max
Viscosidad. Saybort Furol a 77°F (25 °C)	MTC 403	20	100
Estabilidad de Almacenamiento, 24-h, %	MTC 404		1
Carga de partícula	MTC 407	Positivo	
Prueba de Tamiz %	MTC E 405		0.1
Mezcla por Cemento %	ASTM D-6935		2.0
Destilación: -Resudo %	MTC E 401	57	
Pruebas sobre el Residuo de destilación: -Penetracion, 77 °F (25 °C), 100g, 5s	MTC E 304	40	
-Ductilidad, 77 ° (25 °C), 5cm/min, cm	MTC E 306	40	90
-Solubilidad en Tricloroetileno %	MTC E 302	97.5	

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos, 2013

Es evidente que el agua y el asfalto no pueden mezclarse fácilmente entre sí, por lo cual es imperativo que existan condiciones controladas, el empleo de herramientas de alta estabilización y agentes como aditivos químicos; con la finalidad de lograr una dispersión lo suficientemente estable entre el agua y el asfalto.

Usualmente se utiliza aminas, diaminas, imidazolininas y amidoaminas, son usados como agentes catiónicos. Las aminas son compuestos orgánicos que al reaccionar con el ácido clorhídrico se convierte en jabón. Otro agente que se utiliza para producir emulsiones catiónicas son las sales grasas cuaternarias de amonio, son solubles en agua.

El agente emulsivo el componente más importante de la emulsión asfáltica. El surfactante para ser eficaz debe ser soluble en agua, y contar con el equilibrio entre las propiedades lipofílicas y hidrofílicas.

En la tabla 4 se muestra los agentes que componen la emulsión asfáltica y modificada con polímero.

Tabla 4. Composición de las Emulsiones Asfálticas

Elemento	Emulsión Normal	Emulsión modificada con polímero
Cemento asfáltico	40 - 70	50 - 70
Emulsificante	0.2 - 1.5	0.2 - 1.5
Agua	40 - 60	35 - 45
Polímero	0	1 - 4

Fuente: Instituto del Asfalto, 2005

➤ Clasificación de emulsión asfáltica

La clasificación de las emulsiones asfálticas de acuerdo al tipo de emulsificante, se dividen en tres: catiónicas, aniónicas y no iónicas. En el mantenimiento y construcción de carreteras se emplea usualmente los emulsificantes catiónicos y aniónicos.

También se tienen otro tipo de clasificación de las emulsiones, de acuerdo a la velocidad de rotura del asfalto, teniendo:

- Rotura rápida o RS (Rapid - setting)
- Rotura media o MS (Medium – setting)
- Rotura lenta o SS (Slow – setting)

Cada tipo de emulsión tiene una finalidad diferente, las emulsiones de rotura rápida tienen muy poca habilidad para mezclarse con agregados, las emulsiones de rotura media tienen una particularidad de mezclarse correctamente con agregados gruesos sin embargo tiene dificultad para ser mezclados con agregados finos, las emulsiones de rotura lenta tienen la característica de ser mezclado de mara correcta con agregados finos. (ASPHALT INSTITUTE, 2005).

Los agentes emulsificantes usualmente se encuentran formados por un radical alkilo R hidrofóbico y otro hidrofílico, que al contacto con agua hace que se separen, es así que quedan con cargas positivas o negativas. En la Figura 6 se observa una ilustración representativa de una emulsión aniónica y catiónica.

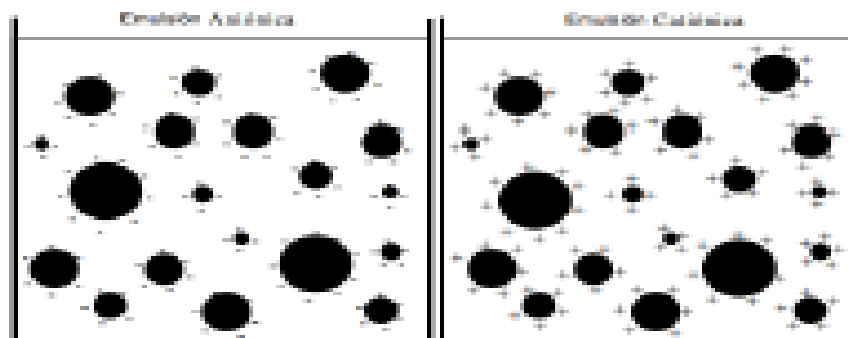


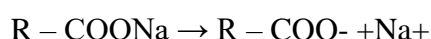
Figura 6: Representación esquemática de una emulsión aniónica y catiónica

Fuente: (ASPHALT INSTITUTE, 2005)

De acuerdo a cuál sea el tipo de emulsificante dependerá el tipo de emulsión: los emulsificantes tipo aniónicos, cuentan con grupos ácidos en su parte hidrofílica, los cuales presentan cargas negativas, y tienen como fórmula general:



Cuando el emulsificante aniónico entra en contacto con un medio acuoso se disocia formando:

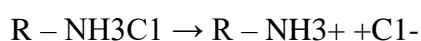


La parte hidrofílica toma el grupo carboxilato COO^- , y a su vez el radical alquilo R permanece en la parte hidrofóbica.

Los emulsificantes catiónicos en su mayoría son grupos aminos que tienen carga eléctrica positiva y su fórmula general es:



Cuando este emulsificante entra en contacto con un medio acuoso se disocia resultando:



El radical alquilo R permanece en la parte hidrofóbica, el grupo de amino NH_3^+ se va a la parte hidrofílica. Se observa la nomenclatura para la clasificación de las emulsiones asfálticas en la Tabla 5.

Tabla 5. Nomenclatura para la clasificación de las Emulsiones

Emulsión Asfáltica (ASTM D977, AASHTO M140)	Emulsión Asfáltica Catiónica (ASTM D2397, AASHTO M208)
RS – 1 (RR - 1)	CRS – 1 (CRR – 1)
RS – 2	CRS – 2
HFRS – 2	---
MS – 1 (RM – 1)	---
MS - 2	CMS – 2 (CRM – 2)
MS – 2h	CMS – 2h
HFMS - 1	---
HFMS - 2	---
HFMS – 2h	---
SS – 1 (RL – 1)	CSS – 1 (CRL – 1)
SS – 1h	CSS – 1h

Fuente: Instituto del Asfalto, 2005

Los agentes emulsificantes una vez que se produce la emulsión, su parte hidrofóbica se orienta hacia el asfalto, mientras que su parte polar se dirige al agua. Gracias a estos agentes emulsificantes de tipo iónico, las partículas obtienen cargas eléctricas de signo igual, generando que se repelan y por consiguiente que el sistema se mantenga estable.

Según la carga de la emulsión que se use en la fabricación, se presenta una clasificación de las emulsiones asfáltica según su carga eléctrica. Teniendo la emulsión no iónica en la cual sus glóbulos de asfalto no presentan cargas ya que son neutros, las emulsiones aniónicas que tienen los glóbulos de asfaltos cargados electronegativamente y las emulsiones catiónicas las cuales tienen sus glóbulos de asfalto cargadas electropositivamente.

La más usada en la industria vial es la emulsión catiónica, ya que presentan una excelente afinidad de la misma con los agregados pétreos.

Considerando el porcentaje de asfalto que se emplea en la fabricación, el volumen de la emulsión, el tipo de emulsión y la modificación o no modificación del residuo, se plantea una segunda clasificación de distintos grados.

Para la segunda clasificación de las emulsiones se tomará de referencia la velocidad que tienen las gotas de asfalto para poder unirse, de esa manera se recupera el volumen de asfalto y luego de un determinado tiempo se produce la rotura, la rotura es la reacción o fenómeno producto de la combinación de la emulsión con agua y los agregados, en este proceso gran parte del agua utilizada en la estabilización de la emulsión se evapora. Esta clasificación es llamada clasificación por rotura y depende del tipo de rotura que experimenta la emulsión. En la figura 7 se aprecia la ilustración del tipo de rotura.

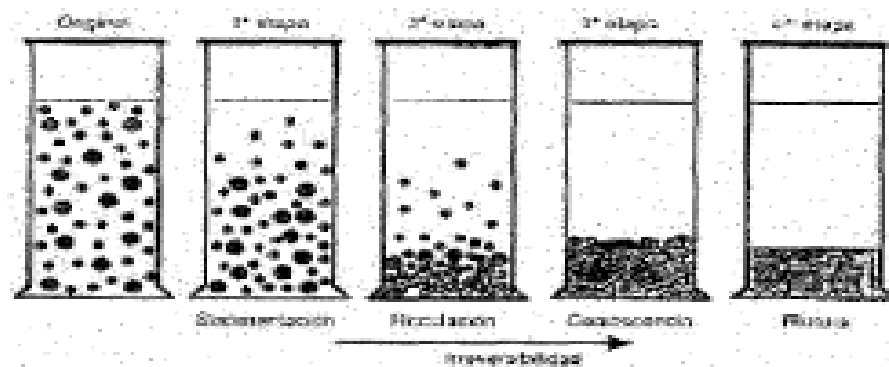


Figura 7: Ruptura de Emulsión Asfáltica

Fuente: (Rivera, G., 1998)

- Emulsión de Rotura Rápida o RS: son utilizadas en riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos (a excepción de la emulsión ECR-60), la cual no se puede utilizar en la producción de estas últimas.
- Emulsión de Rotura Media o MS: usualmente son empleadas en carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, es recomendada usar cuando el contenido de finos es menor al 2%, también es empleado en trabajos de mantenimiento y conservación tales como bacheos, renivelaciones, etc.
- Emulsión de Rotura Lenta o SS: son empleadas para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y en estabilizaciones asfálticas. La coalescencia está muy ligada con la rapidez de rotura de la emulsión para que se vuelva inestable una vez que entra en contacto con los agregados.

En la figura 8 se visualiza el diagrama de fases de rotura en la emulsión.

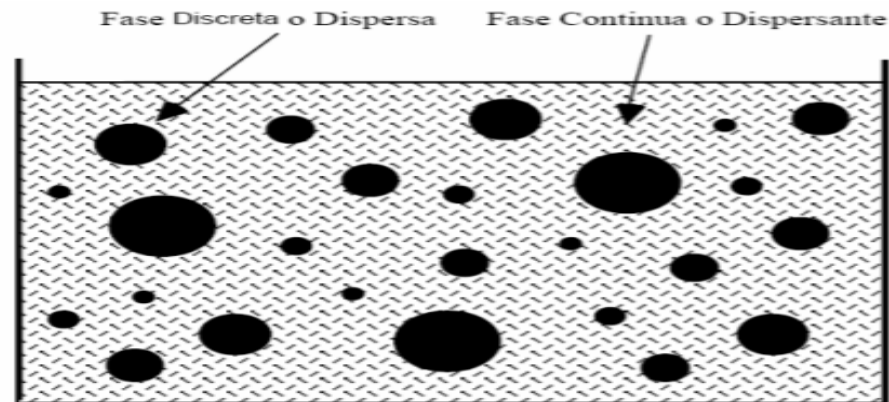


Figura 8: Diagrama de una Emulsión

Fuente: (Instituto Mexicano del Transporte, 2001)

Las emulsiones RS tienen limitada capacidad para mezclarse con los agregados

Las emulsiones MS tienen la capacidad de mezclarse con el agregado grueso y no con el agregado fino

Las emulsiones SS son diseñadas para mezclarse correctamente con agregados finos.

Las emulsiones, son identificadas por números y letras que tienen relación con la viscosidad de las emulsiones y la consistencia que tiene la base de cemento asfáltico. La letra "C" que va al principio del nombre identifica a una emulsión asfáltica catiónica, de no presentar esta letra se refiere a una emulsión asfáltica aniónica, según especificaciones ASTM y AASTHO. Los números en el nombre indican viscosidad relativa, a mayor sea el número mayor es la viscosidad relativa que tiene la emulsión. Por dar un ejemplo: la emulsión MS-2, es mucho más viscosa que la emulsión MS-1. La letra "h" incluida en algunos grados, significa que la base asfáltica tiene mayor consistencia o es más dura. La "s" hace referencia a una base asfáltica más blanda. Las letras "HF" aparecen en algunas emulsiones aniónicas indican alta flotación, tienen textura y propiedades de gel, lo que favorece a la formación de una película de asfalto de mayor grosor alrededor del agregado, favoreciendo a una mejor adherencia del asfalto con las partículas de agregado. Estas emulsiones son empleadas principalmente en

mezclas de plantas en caliente y en frío, también en sellados y mezclas en caminos. Según su empleo, adherencia y mezclado con los materiales, en la Tabla 6 observamos las características físicas y químicas que se presentan en cada tipo de rotura.

Tabla 6. Tipo de Emulsión Asfáltica características y aplicación

Características	Rotura rápida	Rotura media	Rotura lenta
Rotura	Rápido al contacto con el agregado	Mayor estabilidad al mezclado, rompe en pocos minutos	Máxima estabilidad en el mezclado, rompe por evaporación
Se mezcla perfectamente con:	Agregados finos	Agregados gruesos	Agregados finos densamente graduados
Aplicación	Riesgos (con arena o arenisca, tratamientos superficiales)	Mezclas asfálticas	Mezclas, riegos y estabilizad de suelos
Adherencia	Se obtendrá mejores resultados a medida que los glóbulos de asfaltos de la emulsión y los agregados sean de signo diferente		

Fuente: Instituto del Asfalto, 2005

➤ **Fabricación de emulsión asfáltica**

Para la fabricación de la emulsión asfáltica es necesario un dispositivo mecánico de alta velocidad que brinde altas tensiones de corte para obtener la separación del asfalto en diminutas gotas. Como se logra apreciar en la siguiente imagen donde se muestra una planta de elaboración de emulsión asfáltica, es necesario un tanque contenedor donde podamos almacenar la solución emulsificante, un tanque contenedor para almacenar asfalto caliente, varias bombas que permitan la alimentación de los diferentes materiales que componen la emulsión asfáltica, y medidores de caudal.

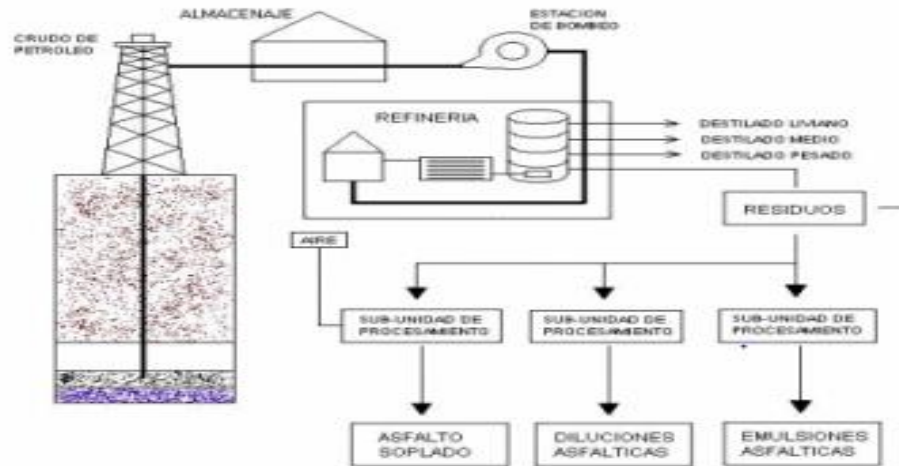


Figura 9: Fabricación de Emulsión Asfáltica

Fuente: (Ibañez, H., 2003)

2.3.4. Estabilización de Materiales Granulares

La estabilización o Proceso de estabilización de un suelo, tiene la finalidad de mejorar las propiedades físicas y/o mecánicas del mismo, mediante el empleo de algún material adicional el cual puede ser sintético, natural o químico. Usualmente se realiza la estabilización en Subrasantes con suelos inadecuados o que presentan de baja resistencia al corte, utilizando cemento portland, cal, asfalto, etc; siendo denominados “suelo-material estabilizador” por ejemplo: suelo cal, suelo cemento, suelo asfalto. Por otro lado, cuando lo que se estabiliza es la base o subbase granular recibe el termino de base granular estabilizada o sub base granular estabilizada con material estabilizador; dependiendo cual sea el caso, por ejemplo: base granular estabilizada con cemento, subbase estabilizada con cal, etc. (SUXE, R, 2017)

Por otra parte, existen diferentes coyunturas en el que los materiales que se llegan a obtener de las canteras cercanas al lugar de estudio, no llegan a cumplir con las condiciones establecidas para que puedan ser usados en las capas que conforma la estructura del pavimento; para ello, se urge realizar otras intervenciones como:

- Zarandeado
- Trituración
- Disgregación

- Estabilización

Las tres primeras intervenciones poseen como finalidad principal apocopar el tamaño del agregado para que puedan cumplir con la granulometría requerida. De igual forma la última intervención ofrece propiedades admisibles que el suelo no tenga o por lo contrario se tendrían que mejorar.

Estas propiedades que se pretenden mejorar con la estabilización de suelos son:

- Resistencia mecánica
- Durabilidad
- Compresibilidad
- Resistencia mecánica
- Estabilidad volumétrica

Como resultado de investigación, se obtuvo información de que coexisten diferentes métodos por el que se puede estabilizar un suelo, los cuáles son:

- Adición de Cemento Portland
- Adición de Emulsión asfáltica
- Adición de Cal hidratada
- Mezclado con otros suelos o la variación de su granulometría
- Adición de estabilizadores químicos

➤ Estabilización con emulsión asfáltica

Becher P. (1972). Define la emulsión como un sistema heterogéneo termodinámicamente inestable, formado al menos por dos fases líquidas no miscibles, de las cuales una está dispersa en la otra bajo la forma de pequeñas gotas (glóbulos) cuyo diámetro es en general superior a 0.1 μm . Tal sistema posee una estabilidad mínima que puede aumentarse por adición de agentes apropiados, tales como tensioactivos emulsificantes.
(P.1)

Gonzales W, Jiménez M. & López R. (2007) Define a la emulsión como una dispersión de un líquido en otro, en forma de partículas microscópicas. Siendo el tamaño de los glóbulos microscópicos de asfalto de 4 y 6 de superficie, que se localizaran disperso en agua jabonosa.

Por lo tanto, el sistema queda constituido por el agua como fase continua y las micrométricas gotas de asfalto como fase dispersa.

El asfalto por su naturaleza es considerado como hidrófobo, fenómeno que nos obliga a usar en el proceso de fabricación productos denominados "emulsificante". Su función es reducir la "Tensión superficial"; actúan elevando el área interfacial, manteniendo de esta forma a los glóbulos de asfalto dispersos. (P.1)

➤ Aplicaciones de la emulsión asfáltica

La aplicación de las emulsiones asfálticas es principalmente considerada como un método para la conservación o construcción de un pavimento. Entre los principales, tenemos las siguientes aplicaciones:

Tratamientos a la superficie

- Tratamientos superficiales (Chip seal)
- Sellos de niebla (Fogseal)
- Sellos de lechada asfáltica (Slurryseal)
- Microcapas (Microsurfacing)
- Combinación de tratamientos superficiales con sellos de lechada (Cape seal)

Asfaltos reciclados

- Reciclado en frío en sitio (Cold in-place)
- Mejoramiento de base (Full Depth)
- Reciclado en caliente en sitio (Hot in-place)
- Reciclado en caliente en planta

➤ Estabilización con cemento portland

También llamado suelo - cemento, se obtiene de la mezcla de un suelo disgregado con cemento, agua y otras adicciones, seguida de una compactación y un curado adecuado. De esta forma, se termina convirtiendo en un material más endurecido y mucho más resistente.

➤ Química de la estabilización con Cemento Portland

El procedimiento de estabilización del cemento tiene varias etapas, la primera etapa consta de la acción de la naturaleza fibrosa del silicato de calcio, que se produce cuando el cemento entra en contacto con el agua. Esta mezcla produce una reacción formando masas minúsculas que se unen fuertemente entre sí y con otros cuerpos. La mezcla de cemento y agua produce una reacción en la que los iones de calcio tienden a formar grumos entre las partículas de suelos con cargas negativas produciéndose floculación por gravedad, pero netamente consiste en la reacción del cemento con componentes sílicos que tiene el suelo, produciendo una encima conglomerante que sirve como liga para material gravoso, arenoso y limoso; y básicamente este es el efecto en los suelos gruesos.

La presencia de material orgánico impide que se forme la reacción suelo – cemento, ya que los ácidos producidos por la materia orgánica presentan gran afinidad por los iones de calcio generados o liberados en consecuencia de la reacción formada originalmente por el cemento, atrapándolos y complicando la formación aglutinante propia del cemento en los suelos gruesos o al realizar la estabilización en arcillas. Por lo mismo en la mayoría de países se exige un máximo de material orgánico presente en el suelo de 1 – 2% en peso, de esta forma se asegura que la estabilización con cemento para dicho suelo sea apropiada.

Así mismo la presencia de sulfatos en el suelo limitan al aglomerante la cantidad necesaria de humedad para su funcionamiento. El cemento tiene un efecto más complicado en los suelos arcillosos, por otro lado, teniendo un suelo grueso el resultado de trabajarlo con cemento es más favorable. El cemento como primer efecto en la hidratación produce aluminatos y silicatos hidratados de calcio, así mismo produce hidróxido de calcio e iones de Ca, lo cual incrementa la cantidad de electrolitos de agua

intersticial, aumento del PH, y un posterior proceso en dos fases. La primera fase consta de un intercambio iónico entre iones de calcio y otros compuestos asimilados por los minerales que tiene la arcilla. En la segunda fase, entre el cemento y los cristales de arcilla se produce reacciones químicas puzolánicas. Se forman elementos cementantes como reacción entre elementos aluminicos y silícicos; obteniéndose como resultado de esta reacción una estructura arcillosa vaporosa y originalmente floculada, en un compuesto resistente el cual incrementa su resistencia con relación al tiempo. Es ahí donde el hidróxido de calcio consumido puede ser reemplazado o repuesto por cal y liberarse en el proceso de hidratación primario del cemento.

➤ Tipo de estabilización con cemento portland

SUELOS TRATADOS CON CEMENTO

Los suelos tratados con cemento consisten en una mezcla de ambos materiales y con la adición de agua, obteniendo un resultado no endurecido o semiendurecido. De acuerdo a la cantidad de cemento utilizado en la estabilización y del tipo de suelo que se pretende estabilizar dependerá el mejoramiento que alcanzará el suelo. La función que cumple el factor cemento que se adiciona en el suelo es modificar la avidez de agua que tiene el suelo y de esa forma disminuir su plasticidad. De esta forma el suelo puede ser usado en bases, subbases y subrasantes.

SUELO CEMENTO

El suelo cemento, tiene la cantidad suficiente de cemento necesario para endurecer un suelo, al cual se ha incrementado el nivel de humedad suficiente para llegar a un grado de compactación optimo y obtener la correcta hidratación con cemento. La denominación que recibe el presente material, suelo estabilizado con cemento, estabilización de agregado – cemento, etc. los mismos que indican un suelo al cual ha sido añadido cemento en la cantidad necesaria para endurecerlo.

2.4. Ensayos de material de cantera

Se precisa que los ensayos obedecen a los requerimientos de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 de acuerdo al uso considerado para cada una de ellas.

En cada cantera se han realizado excavaciones de calicatas para determinar las características del material y su potencia, el número de calicatas fue realizado acorde con el área de extracción, y fueron distribuidas convenientemente de manera de cubrir toda el área de explotación.

En cada calicata excavada, se ha realizado el registro de excavación (según la norma ASTM D-2488), describiendo el tipo de material encontrado, color, humedad, índice de plasticidad y los porcentajes estimados de bolonerías; y de cada calicata se extrajeron muestras alteradas representativas, que fueron remitidas a laboratorio para realizar los ensayos estándar y especiales de acuerdo al uso previsto.

2.4.1. Análisis granulométrico por tamizado

Mediante el análisis granulométrico se puede clasificar las partículas de un suelo según su tamaño. Para poder lograr la distribución por tamaños se requiere de mallas metálicas o recipientes llamados tamices, los cuales están normalizados y cuentan con números estos son colocados de manera descendiente. El ensayo de análisis granulométrico consiste en colocar el suelo en el tamiz superior y hacerlo pasar atreves de estos, luego se procede a tomar el peso del material retenido en cada malla y conseguir el porcentaje de material acumulado retenido respecto al peso total seco, y de esa forma entregar resultados en porcentaje de material pasante de cada malla.

2.4.2. Ensayo límite líquido y límite plástico

El límite líquido y límite plásticos, son conocidos como límites de consistencia así mismo recibe el nombre de “límites de Atterberg”, se basan en que los suelos de granulometría fina tienen cuatro tipos de estados dependiendo de la humedad que contiene. Es así que cuando el suelo no presenta humedad o está seco recibe la clasificación de estado sólido. Cuando la humedad que presenta el suelo va incrementando pasa del estado semisólido a un estado plástico, para finalmente alcanzar el estado líquido. Los límites de humedad o humedad frontera que presenta el suelo son los

llamados límites de ATTERBERG. Estos límites tienen la finalidad de permitir la clasificación del suelo según el sistema SUCS o AASHTO.

2.4.3. Contenido de humedad

Todo suelo presenta cierta cantidad de agua, el contenido de humedad es la relación entre el peso que presenta el agua en el suelo, con relación al peso que presenta el suelo luego de que este sea secado al horno.

2.4.4. Proctor Modificado

El Proctor modificado consiste en aplicar una cierta energía a un suelo, el mismo que es compactado produciendo variación en su densidad, con relación al contenido de humedad que contiene el suelo. En la actualidad el método del Proctor modificado es el más utilizado y seguro para conseguir los valores de humedad óptima y valores máximos de densidad seca del suelo. En un inicio solo se aplicaba el método de Proctor Estándar, sin embargo, este fue actualizado debido a que los suelos soportaban cargas mayores y se evaluó la posibilidad de hacer modificaciones para simular de manera óptima un efecto similar, pero a pequeña escala. La variante del Proctor modificado, que generalmente se aplica en obras geotécnicas tiene su base en la energía de compactación aplicada, la que cambia dependiendo del tipo de suelo a tratar, variando: tamaño de molde, número de golpes aplicados, número de capas, peso del pisón y la altura de donde cae el pisón.

2.4.5. Relación de soporte de California o Ensayo California Bering Ratio (CBR)

El Valor Relativo de Soporte o CBR es el ensayo que permite analizar y evaluar la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad controladas, aplicando una carga que usa un pistón metálico de 0.5 pulgadas cuadradas con el fin de penetrar la superficie del suelo compactado en un molde metálico a una velocidad constante. Este parámetro es definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a cierta profundidad, expresado en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con la misma velocidad un molde normalizado con un material patrón chancado. (ROSENDO, A. & DONOSO, A., 2008)

2.4.6. Equivalente de Arena

La resistencia que posee la estructura de un pavimento tiende a disminuir cuando está conformado o presenta grandes porcentajes de material fino llámese arcilla o limos, esto se debe a que este tipo de material es susceptible a deformarse al contener agua y ser sometido a aplicación de fuerzas. Este método nos permite encontrar la relación que existe entre la altura que presenta la arena y la altura de arcilla luego de un tiempo de sedimentación. (GUTIERREZ, C., 2010)

2.4.7. Absorción

Se define la absorción como la capacidad que tiene un agregado para captar agua o asfalto, dicho parámetro es crucial en el proceso del diseño ya que los agregados porosos dependen de cantidades mayores de asfalto a diferencia de un agregado menos poroso. Por ello, este parámetro es determinante en el proceso de selección del material pétreo a utilizar. (GUEVARA, J. & SALAZAR, L., 2021)

2.5. Ensayos de material estabilizado

2.5.1. Ensayo Proctor Modificado

El Proctor modificado consiste en aplicar una cierta energía a un suelo, el mismo que es compactado produciendo variación en su densidad, con relación al contenido de humedad que contiene el suelo. En la actualidad el método del Proctor modificado es el más utilizado y seguro para conseguir los valores de humedad óptima y valores máximos de densidad seca del suelo. En un inicio solo se aplicaba el método de Proctor Estándar, sin embargo, este fue actualizado debido a que los suelos soportaban cargas mayores y se evaluó la posibilidad de hacer modificaciones para simular de manera óptima un efecto similar, pero a pequeña escala.

La variante del Proctor modificado, que generalmente se aplica en obras geotécnicas tiene su base en la energía de compactación aplicada, la que cambia dependiendo del tipo de suelo a tratar, variando: tamaño de molde, número de golpes aplicados, número de capas, peso del pisón y la altura de donde cae el pisón.

Portland

La propuesta de diseño para una mezcla, depende del tipo de suelo a estabilizar y del tipo de estabilización que se realizará. En la estabilización suelo cemento influye mucho el tipo de suelo, por lo tanto, en la Tabla 7 se mencionan el porcentaje de cemento a emplear dependiendo del tipo de suelo a estabilizar.

Tabla 7. Rango típico cemento según clasificación de suelo

ASSHTO	ASTM (SUCS)	Rango típico de cemento (% en peso)
A – 1 – a	GW, GP, GM, SW, SP, SM	3 – 5
A – 1 – b	GM, GP, SM, SP	5 – 8
A – 2	GM, GC, SM, SC	5 – 9
A – 3	SP	7 – 11
A – 4	CL, ML	7 – 12
A – 5	ML, MH, CH	8 – 13
A – 6	CL, CH	9 – 15
A – 7	MH, CH	10 – 16

Fuente: ACI 230 1R

Como primer paso se obtiene el peso de la cantidad de cemento a emplearse de acuerdo a la dosificación propuesta, en el caso que la muestra es de 6000 gr. La cantidad de cemento a emplear es de 300gr, lo que corresponde al 5% del peso según los parámetros en las tablas antes mencionadas.

En cuanto a la resistencia a la compresión no confinada, los valores promedios resultados de la resistencia a los siete días de curado fueron decisivos para la realización del diseño y la determinación del coeficiente de aporte estructural. (Aliaga & Soriano, C., 2019)

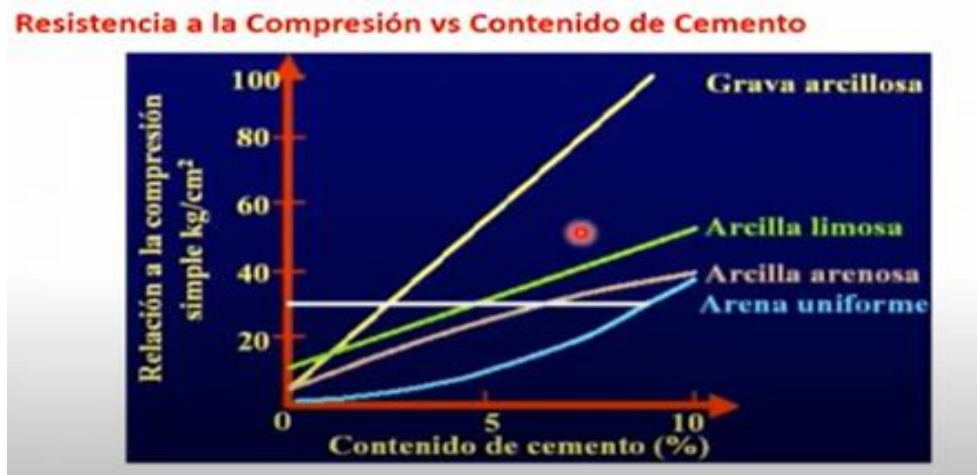


Figura 10: Resistencia a la Compresión vs Contenido de Cemento

Fuente: (Márquez, 2020)

De acuerdo al siguiente Gráfico identificamos la resistencia a la compresión según el contenido de Cemento. Para este caso se usó el 5% de cemento portland el cual nos da, según el tipo de material granular, 27.74 kg/cm² de resistencia a la compresión.

Emulsión Asfáltica

Para establecer el volumen apropiado de emulsión a emplear, se requiere inicialmente de un valor de emulsión teórico, este valor representa el promedio de valores obtenidos de una ecuación propuesta en la Universidad de Illinois – EUA, “Metodología Propuesta de Illinois para Diseño de Mezcla en Frio Emulsión – Agregado”. En la etapa de diseño se ejecuta el ensayo de recubrimiento donde se adiciona un valor mínimo de cemento que va en el rango de $0.3\% \leq x \leq 1\%$; puesto que el cemento presenta propiedades hidráulicas proporcionándole resistencia de estabilidad húmeda. Se toma porcentajes variables de emulsión en relación al asfalto residual; ya que es este el que permanece en el suelo estabilizado (según requerimiento de norma). Posterior a la realización de la mezcla, se obtiene el peso seco unitario final. El mismo procedimiento se repite hasta obtener una relación entre el Peso Unitario Seco y el Contenido de Emulsión. En la curva de compactación se determina los valores adecuados de contenido de emulsión y máximo peso unitario seco modificado. (Aliaga & Soriano, C., 2019)

2.5.2. Relación de soporte de California o Ensayo California Bering Ratio (CBR):

El Proctor modificado consiste en aplicar una cierta energía a un suelo, el mismo que es compactado produciendo variación en su densidad, con relación al contenido de humedad que contiene el suelo. En la actualidad el método del Proctor modificado es el más utilizado y seguro para conseguir los valores de humedad óptima y valores máximos de densidad seca del suelo. En un inicio solo se aplicaba el método de Proctor Estándar, sin embargo, este fue actualizado debido a que los suelos soportaban cargas mayores y se evaluó la posibilidad de hacer modificaciones para simular de manera óptima un efecto similar, pero a pequeña escala.

La variante del Proctor modificado, que generalmente se aplica en obras geotécnicas tiene su base en la energía de compactación aplicada, la que cambia dependiendo del tipo de suelo a tratar, variando: tamaño de molde, número de golpes aplicados, número de capas, peso del pisón y la altura de donde cae el pisón.

2.6. Diseño del Pavimento

El diseño estructural se efectuó siguiendo la metodología de la guía del MTC la cual sigue el método ASSHTO 1993, el cual es utilizado en el diseño estructural de pavimentos rígidos y flexibles, y tiene la finalidad de mostrar las relaciones deterioro – solicitud. La finalidad de la aplicación del ASSHTO 93, es optimizar el espesor de la capa de afirmado, resultando con costos de diseño menos costosos. Básicamente el diseño del ASSHTO 93 se fundamenta en dos parámetros esenciales, el primero es la carga de tráfico vehicular que tendrá que soportar el pavimento, el segundo parámetro de diseño corresponde a las características que presenta la subrasante en la cual se asienta el pavimento.

El número estructural requerido del pavimento flexible fue calculado mediante la siguiente expresión:

$$\log W_{18} = z_R s_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

Se requiere diseñar una alternativa de pavimento en el que se obtenga un periodo de vida de 20 años.

Las cargas de tráfico vehicular que soportara el pavimento, esta expresado en ESALS, Equivalent Single Axle Loads 18 kip o 80 kN o 8.2 tn, lo que se denomina Ejes equivalentes (EE). La sumatoria de ESALS en el periodo de diseño es referida como W18 o ESALS, o también conocido como Numero de repeticiones de EE de 8.2 tn.

Para el diseño de pavimentos flexibles, y parámetro de tráfico, hay tres categorías, como se muestra en la Tabla 22, 23 y 24:

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

Tabla 8. Número de Repeticiones acumulables de ejes Equivalentes de 8.2 tn en el carril de diseño

Tipos Tráfico expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE
TP1	>150000 EE
	≤300000 EE
TP2	>300000 EE
	≤500000 EE
TP3	>500000 EE
	≤750000 EE
TP4	>750000 EE
	≤1000000 EE

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos, 2013

- Caminos de 1000001 hasta 30000000 EE, en el carril periodo de diseño.

Tabla 9. Número de Repeticiones Acumuladas de ejes Equivalentes de 8.2 tn en el carril de diseño

Tipos Tráfico expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE
TP5	>1000000 EE
	≤1500000 EE
TP6	>1500000 EE
	≤3000000 EE
TP7	>3000000 EE
	≤5000000 EE

TP8	>5000000 EE ≤7500000 EE
TP9	>7500000 EE ≤10000000 EE
TP10	>10000000 EE ≤12500000 EE
TP11	>12500000 EE ≤15000000 EE
TP12	>15000000 EE ≤20000000 EE
TP13	>20000000 EE ≤25000000 EE
TP14	>25000000 EE ≤30000000 EE

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos, 2013

- Caminos de un tránsito mayor a 30000000 EE en el carril y periodo de diseño. Este diseño será materia de un estudio especial, analizando diversas alternativas de pavimento equivalentes y justificando esta solución.

Tabla 10. Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 tn en el carril de diseño

Tipos Tráfico expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE
TP15	>30000000 EE

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología Pavimentos, 2013

2.6.1. Datos para el diseño de pavimentos

- Suelo de fundación

Los trabajos de campo y laboratorio se ejecutaron en el mes de agosto y septiembre del 2017. Con este fin, se efectuaron prospecciones en la plataforma cada 250 m alternadas hasta alcanzar el 1.50m de profundidad. Siendo excavadas un total de 31 calicatas, de donde se obtuvieron muestras representativas disturbadas. Estas muestras fueron empleadas para realizar los ensayos de clasificación de suelos, ensayo de proctor modificado y CBR. Durante el desarrollo de las excavaciones de las calicatas, no se ha identificado presencia de nivel freático.

El suelo de fundación de la estructura está conformado principalmente por arenas arcillosas y arenas limosas, habiéndose encontrado, en algunas calicatas, gravas arcillosas y gravas limosas. El material fino encontrado, presenta un límite líquido comprendido entre 21 y 45, mientras que el índice de plasticidad varía de 10 a 23.

El suelo de fundación en el primer tramo del km 0+00 al km 2+00 está compuesto por arenas limosas y arenas arcillosas distribuidas de manera casi uniforme tal como se aprecia en la siguiente figura.



Figura 11: Distribución de tipos de suelos de fundación del tramo km 0+00 al km 2+00

Fuente: Elaboración propia

En el segundo tramo se han detectado la presencia de limos y arcillas de baja plasticidad, así como gravas con arcillas y gravas con limos. Este tramo tiene una mayor resistencia que el tramo anterior por el tipo de material que conforma la fundación. La distribución del tipo de suelos se presenta en la siguiente figura.

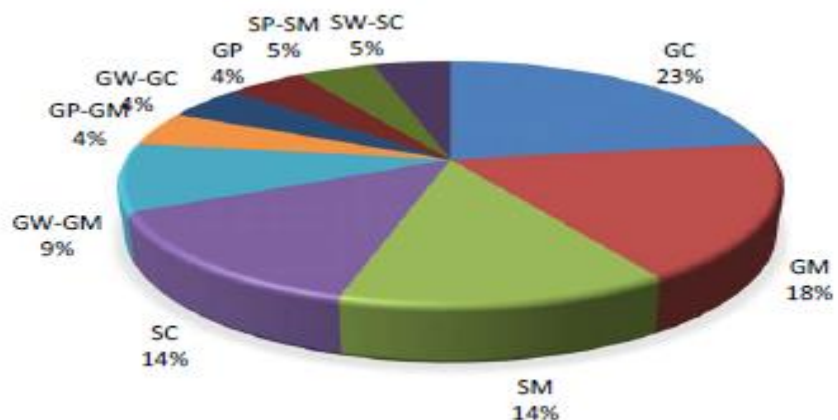


Figura 12: Distribución de tipos de suelos de fundación del tramo km 2+00 al km +472

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño se han establecido dos sub tramos en base al tipo de suelo de fundación. En cada tramo en función a los perfiles encontrados se ha calculado un valor representativo de CBR y luego calculado en forma indirecta el módulo de resiliencia. En el siguiente cuadro se resumen los resultados de laboratorio de los materiales que conforman el suelo de fundación.

Tabla 11. Resultados de laboratorio Suelos de Fundación del acceso a la mina Cuajone

Calicata	Pasante		Límites		Clasificación		Humedad Natural	Proctor		CBR 95%
	Nº4	Nº200	LL	IP	SUCS	AASHTO		Densidad	Humedad	
C-1	66	15	43	22	SC	A-2-7	8.11	1.95	14.20	6.70
C-2	64	12	41	19	SP-SC	A-2-7	11.30	-	-	-
C-3	62	10	45	17	SP-SM	A-2-7	14.00	-	-	-
C-4	63	11	NP	NP	SP-SM	A-1-a	8.40	-	-	-
C-5	65	17	30	5	SM	A-1-b	8.90	1.90	13.90	9.10
C-6	65	19	30	3	SM	A-1-b	10.90	-	-	-
C-7	56	13	34	12	SC	A-2-6	4.60	-	-	-
C-8	55	7	37	17	SP-SC	A-2-6	7.80	-	-	-
C-9	76	14	37	9	SM	A-2-4	7.21	2.04	11.10	12.40
C-10	59	7	41	21	SW-SC	A-2-7	12.10	-	-	-
C-11	76	19	45	12	SM	A-2-7	11.70	-	-	-
C-12	55	8	24	NP	SP-SM	A-1-a	16.50	-	-	-
C-13	64	20	35	14	SC	A-2-6	5.10	2.03	9.70	8.80
C-14	59	13	21	NP	SM	A-1-a	6.80	-	-	-
C-15	55	22	41	11	GM	A-2-7	9.70	-	-	-
C-16	52	7	22	2	GP-GM	A-1-a	5.00	-	-	-
C-17	57	25	29	11	GC	A-2-6	5.90	2.05	9.00	17.50
C-18	43	11	31	10	GW-GC	A-2-4	7.80	-	-	-
C-19	67	44	27	9	GC	A-4	9.70	-	-	-
C-20	48	16	23	4	GM	A-1-b	13.60	-	-	-
C-21	49	9	29	6	GW-GM	A-2-4	4.70	2.04	8.70	21.00
C-22	52	7	21	NP	GW-GM	A-1-a	14.30	-	-	-
C-23	53	14	NP	NP	GM	A-1-a	4.60	-	-	-
C-24	53	19	38	16	GC	A-2-6	11.60	-	-	-
C-25	57	27	31	14	GC	A-2-6	5.40	2.07	8.80	19.50
C-26	22	4	NP	NP	GP	A-1-a	10.50	-	-	-
C-27	48	26	28	13	GC	A-2-6	8.20	-	-	-
C-28	53	18	41	9	GM	A-2-5	12.60	-	-	-
C-29	63	15	29	10	GC	A-2-4	4.90	-	-	-
C-30	46	12	24	8	GP-GC	A-2-4	7.90	1.81	10.80	16.80
C-31	61	16	35	14	SC	A-2-6	4.70	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de módulo de resiliencia y de módulo de reacción han sido calculados de manera indirecta a partir de los valores de CBR. Las relaciones empleadas para calcular el módulo de resiliencia son las

mostradas en el reporte NCHRP 1-37 A (Ref.3) y la publicación del TRL (Ref.4) mientras que el módulo de reacción se ha calculado en base al manual de diseño PCA (Ref.5). Los tramos establecidos son del km 0+00 al km 2+00 y del km 2+00 hasta el final del tramo. El módulo resiliente fue calculado aplicando las siguientes expresiones: Para valores de CBR entre 2 y 12% de la publicación del TRL página 38 (Ref.4) y página 329 de Walsh (Ref.6)

$$M_r = 17.6CBR^{0.64}MPa$$

$$M_r = 2555CBR^{0.64}psi$$

Existe otra correlación para valores de CBR comprendidos entre 12% y 80% que es presentada en la página 123 del Manual de Carreteras de Chile (Ref.7) y es concordante con los resultados que se obtienen del ábaco mostrado en la página 28 de Van Til (Ref.8).

$$M_r = 22.1CBR^{0.55}MPa$$

$$M_r = 3205CBR^{0.55}psi$$

Tabla 12. Resumen de los Resultados de Laboratorio Suelos de Fundación a la Mina Cuajone

Calicata	Progresiva (Km)	Lado	Prof. (m)	Clasificación		Proctor		CBR (0.1")	
				SUCS	AASHTO	M.D.S Gr/cm3	O.C.H %	95%	100 %
C-01	0+040	LD	0.30-1.50	SC	A-2-7	1.953	14.2	6.7	14.3
C-05	1+025	LD	0.30-1.50	SM	A-1-b	1.895	13.9	9.1	22.2
Tramo 1								7.9	
C-09	2+000	LD	0.30-1.50	SM	A-2-4	2.041	11.1	12.4	25.0
C-13	3+005	LD	0.30-1.50	SC	A-2-6	2.029	9.7	8.8	19.6
C-17	4+000	LD	0.30-1.50	GC	A-2-6	2.049	9.0	17.5	31.0
C-21	4+945	LD	0.20-1.50	GW-GM	A-2-4	2.041	8.7	21.0	40.2
C-25	5+875	LD	0.20-1.50	GC	A-2-6	2.065	8.8	19.5	32.4
C-30	7+140	LI	0.00-1.50	GP-GC	A-2-4	1.814	10.8	16.8	29.0
Tramo 2								16.0	

Fuente: Elaboración Propia

El CBR para el primer tramo es 7.9% y para el segundo tramo 16.0%; ambos determinados como el promedio de los resultados de CBR de laboratorio al 95% de la densidad máxima proctor modificado.

- 1er tramos: Km 0+00-Km 2+00: CBR 7.9%, Mr=9669 psi, k= 175 pci
- 2do tramo: Km 2+00-Km 7+472: CBR 16.0%, Mr=14726 psi, k=261 pci

➤ Tráfico y Eje Equivalentes (ESAL)

El CBR para el primer tramo es 7.9% y para el segundo tramo 16.0%; ambos determinados como el promedio de los resultados de CBR de laboratorio al 95% de la densidad máxima proctor modificado. Para el cálculo de los ESAL se ha empleado la siguiente información obtenida del estudio de tráfico:

- El volumen y la clasificación del tráfico, el número de camiones y la composición de los ejes de estos, para cada sentido del tráfico.
- El crecimiento del tráfico, para lo cual es necesario conocer las tasas de crecimiento de los vehículos pesados y aplicar la siguiente fórmula: factor de crecimiento = $[(1+r)^n-1]/r$, donde r = tasa de crecimiento y n = número de años.
- Factores de daño calculados en base a los pesos por eje.

En el siguiente cuadro se presenta el detalle de los resultados de ejes equivalentes por tipo de vehículo para un periodo de diseño de 20 años.

Tabla 13. Ejes Equivalentes por Tipo de Vehículo y Tipo de Pavimento para un periodo de 20 años

Tipo de vehículo	Pavimento Flexible
B2	9.52E+05
B3-1	1.33E+05
B4-1	0.00E+00
C2	1.52E+06
C3	4.98E+05
C4	1.29E+05
T2S1	9.03E+04
T2S2	1.52E+05
T2S3	7.24E+04
T2Se3	0.00E+00

T3S1	7.61E+04
T3S2	1.86E+05
T3S3	2.27E+06
T3Se3	0.00E+00
C2R2	0.00E+00
C2R3	0.00E+00
C3R2	0.00E+00
C3R3	0.00E+00
C3R4	0.00E+00
T3Se2 Se2	0.00E+00
Vehículos ligeros	6.59E+03
Total	6.09E+06

Fuente: Elaboración propia

➤ Confiabilidad (%R)

La confiabilidad es un parámetro relacionado con el grado de incertidumbre; la variación en las predicciones del tráfico y la respuesta del pavimento; y la importancia de la vía. Para el nivel de tráfico calculado el diseño debe ser realizado para una confiabilidad del 90% que corresponde al tipo de tráfico TP8 de acuerdo con el manual del MTC.

Tabla 14. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes Acumulados		Nivel de confiabilidad (R)
Caminos de bajo volumen de Tránsito	TP0	100000	150000	65%
	TP1	150001	300000	70%
	TP2	300001	500000	75%
	TP3	500001	750000	80%
	TP4	750001	1000000	80%
	TP5	1000001	1500000	85%
	TP6	1500001	3000000	85%
	TP7	3000001	5000000	85%
	TP8	5000001	7500000	90%
	TP9	7500001	10000000	90%
Resto de Caminos	TP10	10000001	12500000	90%
	TP11	12500001	15000000	90%
	TP12	15000001	20000000	95%
	TP13	20000001	25000000	95%
	TP14	25000001	30000000	95%
	TP15		>30000000	95%

Fuente: Manuel de carreteras Suelos Geología y Pavimentos, 2013

➤ Serviciabilidad

La serviciabilidad es un parámetro que relaciona la condición funcional con la condición estructural de la vía. Los valores tomados para este estudio fueron los indicados en la guía de diseño del MTC para el tráfico esperado tipo TP8. La serviciabilidad inicial es 4.0 y la final de 2.50.

Tabla 15. Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) según Rango de Tráfico

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

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos,2013

Tabla 16. Índice de Serviciabilidad Final (Pt) según Rango de Tráfico

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

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos,2013

➤ Consideraciones de drenaje

El drenaje está considerado dentro del diseño como un factor que afecta directamente el coeficiente de capa y se estima en función del porcentaje de tiempo que la estructura está próxima a la saturación y de acuerdo a la calidad del drenaje. La saturación de la estructura está en función de las características granulométricas de los componentes del pavimento y de la porosidad, así como del caudal de agua que pueda ingresar por precipitaciones fluviales, capilaridad o nivel freático. El siguiente cuadro resume el criterio aplicado para calificar la calidad del drenaje.

Tabla 17. Calificación a la Calidad de Drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo que demora en drenar el 50%
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	No drena

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos, 2013

En base a los valores recomendados por AASHTO en la tabla 2.4 de la Guía de diseño (cuadro anterior), en el presente diseño se consideró un valor de 1.0 para el pavimento flexible para el coeficiente de drenaje, considerando que la calidad del drenaje es regular, y el tiempo que permanece cercano a la saturación del 5-25%.

➤ Número estructural requerido (SNR)

Es representada por la siguiente fórmula:

$$SN = a1 \times D1 + a2 \times D2 \times m2 + a3 \times D3 + m3$$

Donde, Según el método de AASHTO, para obtener los coeficientes estructurales de cada capa, se aplican las siguientes fórmulas:

Carpeta asfáltica	: $a1 = 0.184 \times \ln (Mr1) - 1.9547$
Base granular	: $a2 = 0.249 \times \ln (Mr2) - 0.977$
Sub base granular	: $a3 = 0.227 \times \ln (Mr3) - 0.839$

Donde:

Mr1: Módulo resiliente de la base granular

Mr2: Módulo resiliente de la sub base granular

Mr3: Módulo resiliente de la sub rasante

El dimensionamiento para una base granular, es calculado por la siguiente fórmula:

$$d2 = \frac{SN2 - SN1}{a2 \times m2}$$

➤ Capa de sub base granular existente

- CBR 40%
- Módulo resiliente = 17,000 psi,
- Coeficiente de capa 012

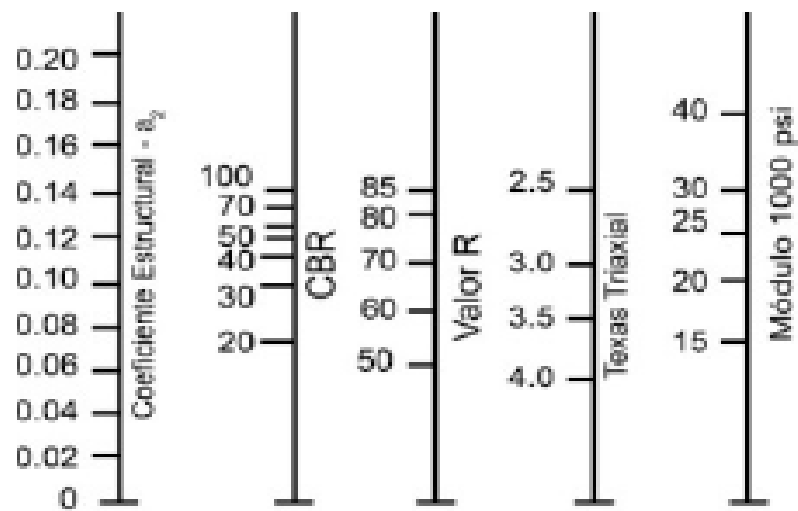


Figura 13: Coeficiente de capa de la sub base en función del CBR

Fuente: (Sociedad Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes, 1997)

2.6.2. Resumen de parámetros de diseño

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los valores empleados:

Tabla 18. Parámetros de Diseño de Pavimento

Factor	Pavimento Flexible	
	1er tramo	2do tramo
Factor de Confiabilidad (R)		90%
Desviación estándar normal (Z_r)		-1.282
Desviación estándar normal (S_o)		0.45
Serviciabilidad Inicial (p_i)		4.00
Serviciabilidad final (p_t)		2.50
Coefficiente de drenaje		1.00
Módulo resiliente subrasante	9,669	14,726
Tráfico de diseño en ESAL		6.09E+06

Fuente: Elaboración propia

2.6.3. Diseño de Pavimento con material estabilizado con Cemento Portland

➤ Método AASHTO 1993

El cemento debido a su fácil adquisición y propiedades propias que presenta, es un agente estabilizador muy empleado. Para estabilizar con cemento debemos tener claro el diseño que realizaremos, en vista que su aplicación tiene la finalidad inminente de incrementar la resistencia del material a estabilizar.

El producto final obtenido del proceso de estabilización es sometido al ensayo de resistencia a la compresión no confinada o UCS (Unconfined Compressive Strength), el cual es empleado internacionalmente.

La resistencia que presenta un suelo estabilizado está relacionada necesariamente con la proporción de cemento que se adiciona, las características del material a estabilizar y la densidad del material compactado.

Generalmente el aumento de la resistencia del material es de forma lineal y está en relación con la proporción de cemento que se utiliza, así mismo se debe de considerar que todos los materiales tratados con cemento llegan

a sufrir agrietamiento por las diferentes fuerzas a las que está sometido, siendo fuerzas de tracción y por presentar retracción.

Es necesario mencionar que el volumen de cemento necesario es indicador que se expresa en porcentaje y tiene relación con el peso seco del material que se requiere estabilizar, en caso que no exista datos de pruebas o ensayos previos al material a estabilizar podemos utilizar valores de 2% a 3% en subbases y 4% a 6% en bases, teniendo en cuenta que para materiales con porcentajes retenidos en la malla N° 4 mayores a la mitad de la muestra se debe utilizar una proporción baja de cemento, mientras que si el porcentaje retenido en la malla N° 4 es menor a la mitad de la muestra se debe utilizar proporciones más altas de cemento.

En el siguiente Cuadro se puede observar los resultados de los espesores resultantes aplicando la base estabilizada con Cemento Portland

Tabla 19. Espesores Resultantes

Capa	Pavimento flexible	
	1er tramo	2do tramo
Mezcla asfáltica en caliente	4.0 pulg (10cm)	4.0 pulg (10cm)
Base estabilizada con cemento	6 pugl (15.24cm)	5 pulg (12.7cm)
Sub base granular existente	6 pulg (15cm)	6 pulg (15cm)
SN requerido	3.36	2.27
SN efectivo	3.82	2.88

Fuente: Elaboración propia

2.6.4. Diseño de Pavimento con material estabilizado con Emulsión Asfáltica

➤ Método AASHTO 1993

En el siguiente cuadro se ven los resultados de los espesores resultantes aplicando la base estabilizada con emulsión asfáltica

Tabla 20. Espesores Resultantes

Capa	Pavimento flexible	
	1er tramo	2do tramo
Mezcla asfáltica en caliente	4.0 pulg (10cm)	4.0 pulg (10cm)
Base estabilizada con emulsión	10 pugl (25cm)	8 pulg (20cm)
Sub base granular existente	6 pulg (15cm)	6 pulg (15cm)
SN requerido	4.36	3.72
SN efectivo	4.82	4.33

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro se ven los resultados de los espesores resultantes aplicando la base estabilizada con emulsión asfáltica Como resultado de la selección se obtuvo una base granular estabilizada, de espesor variable entre 25cm (Tramo 1) y 20cm (Tramo 2), y con buena resistencia estructural, haciendo uso de emulsión catiónica tipo CSS-1h.

2.7. Definición de términos básicos

- Abrasión: Roce superficial mecánico de agregados y de rocas, generado por el resultado de la fricción. (MTC 02-2018, 2018)
- Absorción: Retención del fluido de cualquier material en un cierto tiempo de exposición. (MTC 02-2018, 2018)
- Afirmado: Manto compactado de material granular nativo o también llamado un proceso con progresión específica que serviría para aguante directamente las cargas y esfuerzos del tránsito que circularía por dicho afirmado. (MTC 02-2018, 2018)
- Aglomerante: Son materiales que contienen sustancias simples o compuestas, con la capacidad de unir partículas de material y brindar cohesión por medio de procesos químicos o físicos. (MTC 02-2018, 2018)
- Agregado: Material granular como arena, rocalla (grava), escoria o roca triturada, utilizado para ser combinado en su estado natural, triturados en diferentes tamaños. (MTC 02-2018, 2018)

- Asfalto: Mezcla sólida con compactación de hidrocarburos y minerales, de color cobrizo (marrón oscuro) a negro, conformado principalmente por betunes de origen nativo. (MTC 02-2018, 2018)
- AASHTO: Entidad Americana “American Association of State Highway and Transportation Officials”. (MTC 02-2018, 2018)
- Calicata: Excavación de poca profundidad que se realiza en un terreno, con el fin de registrar e inspeccionar directamente los sedimentos del suelo a varias profundidades y luego obtener las muestras. (MTC 02-2018, 2018)
- Cantera: Generalmente llamada explotación minera de depósitos naturales de material adecuado para usarlo en la rehabilitación, construcción, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras. (MTC 02-2018, 2018)
- CBR (California Bearing Ratio): Valor relativo e indicador que es utilizado para medir la capacidad de soporte del material, que es medido por la penetración de una fuerza adentro de la masa del suelo estudiado. (MTC 02-2018, 2018)
- Capacidad de carga del terreno: Es el esfuerzo aplicado al suelo por medio de una cimentación considerando factores de seguridad apropiados. (MTC 02-2018, 2018)
- Cemento Portland: Material inorgánico que es hallado por la pulverización del Clinker con la añadidura eventual de yeso nativo que forma una pasta que conserva la resistencia y estabilidad. (MTC 02-2018, 2018)
- Compactación: Mediante un proceso artesano (manual) o mecánico, se tiende a disminuir el volumen general de vacíos de suelos, manteniendo un cuerpo de textura compacta. (MTC 02-2018, 2018)
- Corte (directo): Es un ensayo en el que se somete al suelo a cargas normales y este se agrieta al moverse una sección con respecto a otra; el cual me daría como resultado la resistencia interna por área unitaria. (MTC 02-2018, 2018)
- Densidad: División entre la pasta (masa) y el bulto (volumen) de un cuerpo o masa. (MTC 02-2018, 2018)
- Emulsión asfáltica: La emulsión asfáltica es una micro dispersión de cemento asfáltico agua que comprende una diminuta cantidad de agente emulsificador. (MTC 02-2018, 2018)
- Ensayo de compresión: El ensayo consiste en hallar la resistencia de un material y la carga última del suelo para determinar la alteración ante un esfuerzo de compresión del suelo. (MTC 02-2018, 2018)

- Ensayo Marshall: Es el procedimiento o experimento de laboratorio para calcular el contenido óptimo de asfalto y también distintos parámetros de calidad de una mezcla asfáltica. (MTC 02-2018, 2018)
- Estabilidad: Mejora las cualidades de los suelos naturales aumentando su resistencia y reduciendo su plasticidad. La estabilidad es una acción de la fricción y la cohesión interna del material que reduce los problemas estructurales del pavimento. (MTC 02-2018, 2018)
- Granulometría: Determinar mediante proporciones relativas diferentes dimensiones que tiene el agregado mediante un proceso de tamizado dependiendo de las especificaciones técnicas. (MTC 02-2018, 2018)
- Grava: La grava es un agregado grueso, obtenido de forma nativa o artificial los materiales pétreos. (MTC 02-2018, 2018)
- Índice de Serviciabilidad: El nivel de servicio, es un número, a escala de 0 a 5, que señala el estado de un pavimento y el nivel de servicio en un definido momento, para suministrar una conducción segura y cómoda a los usuarios. (MTC 02-2018, 2018)
- Índice Medio Diario Anual (IMDA): Es el conteo vehicular con determinadas velocidades generado por una magnitud (volumen) media del tránsito de vehículos en ambas direcciones durante 24 horas, para un período anual. (MTC 02-2018, 2018)
- IRI: Índice de Rugosidad Internacional. (MTC 02-2018, 2018)
- Mantenimiento Periódico: Agrupación de tareas programables que se ejecutan cada cierto tiempo y que se ejecutan en las vías para mantener sus niveles de servicio, con un propósito de conservar la integridad estructural. (MTC 02-2018, 2018)
- Pavimento: Estructura construida sobre la subrasante del acceso a estudiar, diseñada para aguantar y distribuir los esfuerzos causados por los vehículos y perfeccionar las restricciones de seguridad y bienestar para el tránsito. Generalmente está formado por las siguientes capas: subbase, base y rodadura. (MTC 02-2018, 2018)
- Propiedades físicas: Son las características peculiares de las partículas, entre las que se pueden indicar son: textura, densidad y forma. (MTC 02-2018, 2018)
- Propiedades mecánicas: Son las propiedades relativas que describen el comportamiento de un material y a su amplitud de absorber esfuerzos sin

descuidar su propia apariencia natural, como el aguante al desgaste y esfuerzos por distorsión. (MTC 02-2018, 2018)

- Rasante: Es aquel nivel máximo y finalizado de la superficie de rodadura que define el trazo en alzado de la carretera. La línea de rasante se ubica siempre en el eje de la vía. (MTC 02-2018, 2018)
- Términos de Referencia: Es el documento elaborado por la Entidad Contratante, con la intención de constituir los objetivos, alcances, productos esperados y demás condiciones requeridas de las especialidades que intervendrán en el diseño para la asistencia de un servicio de consultoría a contratar. (MTC 02-2018, 2018)
- Serviciabilidad: Es la capacidad o medida del comportamiento que tiene en un determinado momento el pavimento, que a la vez es relacionado con la comodidad que brinda al tránsito que lo usará. (MTC 02-2018, 2018)
- Tramo: Es aquella parte o porción prorrogada de una carretera entre dos secciones transversales. (MTC 02-2018, 2018)
- Valorización: Determinación monetaria de un progreso físico en la confección de la Obra o contribución de servicios elaborado en un período determinado. (MTC 02-2018, 2018)
- Vía: Espacio destinado para un Camino. (MTC 02-2018, 2018)
- Vida útil: Es aquel transcurso de tiempo predicho en la fase de un plan de una obra vial, en el cual debe brindar servicios en buen estado y adecuado bajo una planificación de un mantenimiento establecido. (MTC 02-2018, 2018).

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Formulación de hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

Estableciendo la comparación de las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento aplicando la estabilización con cemento portland y con emulsión asfáltica, se determina la más óptima para la estructura del pavimento en el acceso vial a la mina Cuajone basada en registros bibliográficos en el año 2021.

3.1.2. Hipótesis Específicos

- Se mejoran las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento estabilizado con emulsión asfáltica.
- Se mejoran las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento estabilizado con Cemento portland.
- Se mejoran las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento estabilizado con Cemento portland y Emulsión Asfáltica.

3.2. Relación entre Variables

3.2.1. Variable Independiente

- Estabilización con Emulsión Asfáltica y con Cemento Portland.

3.2.2. Variable Dependiente

- Propiedades Mecánicas de la Base Granular

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

4.1. Tipo Y Método de la investigación

4.1.1. Método de la investigación

El método de investigación a desarrollar es deductivo, ya que se parte de premisas generales para concluir en un caso particular. Para ellos se analizarán y evaluarán un conjunto de libros, tesis, revistas relacionadas al uso de materiales estabilizantes aplicados a diferentes tipos de suelos, y se concluirá en la alternativa óptima para estabilizar un suelo granular para bases de pavimentos.

4.1.2. Orientación de la investigación

La presente investigación es aplicada, ya que se requiere del empleo de conocimiento teóricos en diseño de pavimentos y estabilización de suelos granulares, con la finalidad de poder brindar soluciones a la problemática planteada.

4.1.3. Enfoque de la investigación

La presente tiene un enfoque cualitativo, visto que se basa en información recolectada de una población no representativa, luego la analiza y proceder a deducir el comportamiento que tendrá otra población con características similares a la estudiada.

4.1.4. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, puesto que se pretende definir, especificar y preparar una metodología útil para la el uso de materiales estabilizantes en bases granulares. A su vez es explicativo ya que proporcionara conocimientos nuevos de como el uso de estabilizadores mejoran las propiedades mecánicas de una base granular.

4.1.5. Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es no experimental, transversal, retrospectivo. Es no experimental por que la variable independiente no será modificada. Es transversal ya que se medirán las características, propiedades de una población muestral en nuestro caso serán registros bibliográficos. Es retrospectivo ya que se cuenta con información previa obtenida por el

investigador sin necesidad de que esta conlleve un incremento en el costo de la investigación.

4.2. Población y muestra

4.2.1. Población de Estudio

La investigación es aplicación para diferentes tipos de suelos granulares a nivel nacional.

4.2.2. Diseño Muestral

La muestra de suelo granular pertenece a la región de Moquegua, este material granular es usado para la conformación de estructuras de carreteras de bajo tránsito.

4.3. Técnicas e instrumentación de recolección de datos

Se ha buscado temas relacionados con el tema de investigación que se desarrollara en la presente tesis, tales como revistas, libros especializados, tesis de investigación, artículos, que nos permitirán desarrollar la investigación correctamente. Además, se utilizarán las siguientes normas entre otras:

- ASTM D 422 / MTC E-107 : Análisis Granulométrico por Tamizado
- ASTM D 4318 / MTC E-110, E-111 : Índice de Plasticidad
- ASTM D 2216 / MTC E-108 : Humedad Natural
- ASTM D-2487 : Clasific. de suelos método SUCS
- AASHTO M-145 : Clasific. de suelos método AASHTO
- ASTM 1557 / MTC E-115 : Proctor Modificado
- ASTM 1883 / MTC E-132 : California Bearing Ratio (CBR)

4.4. Procedimientos para la recolección de datos

Teniendo la información recolectada, se procederá a analizar los datos encontrados en los registros bibliográficos antes mencionados. Se ha recolectado información necesaria del estudio de suelo que se ha conseguido de la cantera a evaluar.

4.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

El análisis de los datos implica evaluar, observar y analizar todo y cada uno de los procesos de laboratorio y cómo impacta en el pavimento, guardando en todo momento coherencia con lo planteado en los objetivos, sin perder las variables y sus indicadores.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

5.1. Resultados de la investigación

5.1.1. Resultados de los ensayos de los materiales de la Base Granular

a) Cantera Santa Fortunata 1

Tabla 21. Resultados de Ensayos

CUADRO N° 21 RESULTADOS DE ENSAYOS			
Ensayos	Resultados Promedio de Ensayos	Requerimiento EG-2013	Cumplimiento
Abrasión	20.1%	40% máx.	Si
CBR (*)	72%	80% mín.	(1)
Índice de Plasticidad	NP	4% máx.	Si
Equivalente de Arena	40.4%	35% mín.	Si
Partículas con 1 cara fractura	53.8%	80% mín.	(1)
Partículas con 2 caras fracturadas	39.9%	40% mín.	(1)
Partículas Chatas y Alargadas	0.0%	15% máx.	Si
Durabilidad del Agregado Grueso	10.5%	-.-	Si
Durabilidad del Agregado Fino	7.3%	-.-	Si
Sales Solubles del Agregado Grueso	0.175%	0.5% máx.	Si
Sales Solubles del Agregado Fino	0.364%	0.5% máx.	Si

(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 01”.

Para que cumpla la especificación se recomienda triturar el material.

b) Cantera Santa Fotunada 2

Tabla 22. Resultados de Ensayos

CUADRO N° 22 RESULTADOS DE ENSAYOS			
Ensayos	Resultados Promedio de Ensayos	Requerimiento EG-2013	Cumplimiento
Abrasión	22.9%	40% máx.	Si
CBR (*)	75%	80% mín.	(1)
Índice de Plasticidad	NP	4% máx.	Si
Equivalente de Arena	55.5%	35% mín.	Si
Partículas con 1 cara fractura	62.5%	80% mín.	(1)
Partículas con 2 caras fracturadas	40.1%	40% mín.	Si
Partículas Chatas y Alargadas	0.0%	15% máx.	Si
Durabilidad del Agregado Grueso	10.3%	-.-	Si
Durabilidad del Agregado Fino	10.0%	-.-	Si
Sales Solubles del Agregado Grueso	0.130%	0.5% máx.	Si
Sales Solubles del Agregado Fino	0.177%	0.5% máx.	Si

(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1”.

Nota:

(1) Para que cumpla la especificación se recomienda triturar el material.

5.1.2. Resultado de los ensayos de la base granular estabilizada con Emulsión Asfáltica.

Se realizó el prediseño de la base estabilizada con emulsión en planta. Los resultados obtenidos demuestran que el valor de estabilidad es mayor que el valor mínimo requerido para el valor de coeficiente de capa planteado en el diseño. Los resultados se resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 23. Resultado de Ensayos realizado a la mezcla Suelo - Emulsión

Ensayo	Unid	Base Granular
		Suelo-Emulsion Asfaltica (3.3%)
Contenido Optimo de Humedad	%	5.8
Máxima Densidad Seca	Gr/cm3	2.281
CBR al 95% de la MDS	%	65.1
CBR al 100% de la MDS	%	82.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Resumen del prediseño de la Base estabilizada

Parámetro	Valor
Cantera	Santa Fortunata 100%
Cemento	0.2%
Tipo de emulsión asfáltica	Emultec CSS-1h
% óptimo de emulsión asfáltica	3.3
% óptimo de asfalto residual	2.0
% de humedad natural	1.0
% de agua en la emulsión	1.3
% de agua de pre mezcla	4.0
% de agua total en la mezcla	6.3
% de agua de compactación	5.3
N° de golpes Marshall	75
Densidad seca Bulk (g/cm3)	2.155
Estabilidad Modificada Seca(kg)22.2°C	1956.3
Estabilidad Modificada Húmeda (kg)22.2°C	1105.5
Cambio de Estabilidad (%)	43.5
Vacíos Totales (%)	16.9
Humedad Absorbida (%)	6.9
Revestimiento (%)	90.0

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Resultado de los ensayos de la base granular estabilizada con Cemento Portland

Tabla 25. Resumen del Pre diseño de la base estabilizada

ASSGTI	ASTM (SUCS)	Rango típico de cemento (%en peso)
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM	3 – 5
A-1-b	GM, GP, SM, SP	5 – 8
A-2	GM, GC, SM, SC	5 – 9
A-3	SP	7 – 11
A-4	CL, ML	7 – 12
A-5	ML, MH, CH	8 – 13
A-6	CL, CH	9 – 15
A-7	MH, CH	10 – 16

Fuente: ACI 230 1R

Según la clasificación del suelo se calcula la cantidad de cemento que se va a aplicar para este caso la muestra es de 6 kg, que equivale a 6000 gr. La cantidad de cemento es de 300gr, correspondiente al 5% según los parámetros en las tablas antes mencionados.

Tabla 26. Resultados de Ensayos realizado a la mezcla Suelo - Cemento

Ensayo	Unid	Base Granular
		Suelo-Cemento (5%)
Contenido Optimo de Humedad	%	7.1
Máxima Densidad Seca	Gr/cm3	2.303
CBR al 95% de la MDS	%	132.9
CBR al 100% de la MDS	%	160.4

Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Comparación de los resultados de los ensayos con los estabilizadores

Tabla 27. Resultados de Ensayo realizado a la mezcla Suelo-Cemento y Suelo-Emulsión

Ensayo	Unid	Base Granular		
		Suelo - Natural	Suelo – Cemento Portland (5%)	Suelo – Emulsión Asfáltica (3.3%)
Contenido Optimo de Humedad	%	6.3	7.1	5.8
Máxima Densidad Seca	Gr/cm3	2.292	2.303	2.281
CBR al 95% de la MDS	%	55.2	132.9	65.1
CBR al 100% de la MDS	%	72	160.4	82.2

Fuente: Elaboración Propia

5.1.5. Resultado de los diseños estructurales para el primer tramo

Tabla 28. Parámetros y cálculos de diseño estructural

Parámetros	Natural	Cemento	Emulsión
SUBRASANTE			
W18	6090000	6090000	6090000
R	90%	90%	90%
Zr	-1.282	-1.282	-1.282
So	0.45	0.45	0.45
CBR	8	8	8
Mr(psi)	9669	9669	9669
Pi	4	4	4
Pf	2.50	2.50	2.50
ΔPSI	1.50	1.50	1.50
SN3	4.36	4.36	4.36
PAVIMENTO FLEXIBLE			
CBR	Natural	Cemento	Emulsión
Base	72	160.4	82.2
Subbase	72	160.4	82.2
Subrasante	8	8	8
Módulo resiliente	Natural	Cemento	Emulsión
Base	39453.33	65875.16	42944.63

Subbase	39453.33	65875.16	42944.63
Subrasante	9668.71	9668.71	9668.71
Coefficientes estructurales	Natural	Cemento	Emulsión
a2	0.167	0.222	0.176
a3	0.204	0.255	0.213
Coefficientes de drenaje	Natural	Cemento	Emulsión
m2	1.00	1.00	1.00
m3	1.00	1.00	1.00
Dimensión de la Base	Natural	Cemento	Emulsión
Base d2, pulg	9.18	4.83	8.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Resumen y valores finales de espesores

Coefficientes	Natural	Cemento	Emulsión	
a2	1.658	1.786	1.679	
d2, pulg	11	6	10	
d2, cm	27.94	15.24	25.40	Base
m2	1.00	1.00	1.00	
a3	1.244	1.244	1.244	
d3, pulg	6	6	6	
d3, cm	15.24	15.24	15.24	Sub Base
m3	1.00	1.00	1.00	
Σ Espesores	43.18	30.48	40.64	
SN requerido	3.662	3.36	3.72	
SN efectivo	4.197	3.82	4.33	

Fuente: Elaboración propia

5.2. Análisis e interpretación de los resultados

- De acuerdo al análisis efectuado y de los cuadros anteriores se ha determinado que los materiales de la **Cantera Santa Fortunata I y la Cantera Santa Fortuna II** cumplen con las especificaciones técnicas EG 2013 para los usos propuestos de Base Granular.
- El resultado de ensayo de CBR al 100% de la MDS del material más el cemento portland (Dosificación: 5%) tuvo 160.4 de porcentaje, el cual cumple con los

requisitos mínimos que establece la norma para bases granulares antes mencionadas.

- El resultado de ensayo de CBR al 100% de la MDS del material más la emulsión asfáltica (Dosificación: 3.30%) tuvo 82.2 de porcentaje, el cual no cumple con los requisitos mínimos que establece la norma para bases granulares antes mencionadas.

5.3. Contrastación de Hipótesis

Hipótesis General

Estableciendo la comparación de las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento aplicando la estabilización con cemento portland y con emulsión asfáltica, se llega a conocer las condiciones de la base granular, para así también poder realizar un diseño estructural óptimo para el acceso a la Mina Cuajone con el fin de comparar el mejor estabilizador que cumpla con las condiciones adecuadas.

Hipótesis Especifica 1

Hipótesis Alternativa (H_i)

Si aplicamos la estabilización con emulsión asfáltica las propiedades mecánicas de la base granular se mejoran.

Hipótesis Nula (H₀)

Si aplicamos la estabilización con emulsión asfáltica las propiedades mecánicas de la base granular no se mejoran.

Se estabilizó con emulsión asfáltica (3.30%) el material de la base granular y se obtuvo como resultados del ensayo Proctor Modificado 5.8% de Óptimo Contenido de Humedad y 2.28gr/cm³ de Máxima Densidad Seca para el material con emulsión asfáltica y 6.3% de Óptimo Contenido de Humedad y 2.29gr/cm³ Máxima Densidad Seca para el material granular virgen. Luego se calculó el CBR obteniéndose 72% y 82.2% para el material virgen y material con emulsión asfáltica respectivamente.

En conclusión, la hipótesis alternativa es válida y la nula es rechazada.

Hipótesis Especifica 2

Hipótesis Alternativa (H_i)

Si aplicamos la estabilización con cemento portland las propiedades mecánicas de la base granular se mejoran.

Hipótesis Nula (H₀)

Si aplicamos la estabilización con cemento portland las propiedades mecánicas de la base granular no se mejoran.

Se estabilizó con Cemento portland (5%) el material de la base granular y se obtuvo como resultados del ensayo Próctor Modificado 7.1% de Óptimo Contenido de Humedad y 2.30gr/cm³ de Máxima Densidad Seca para el material con Cemento Portland y 6.3% de Óptimo Contenido de Humedad y 2.29gr/cm³ Máxima Densidad Seca para el material granular. Luego se calculó el CBR obteniéndose 72% y 160.4% para el material virgen y material con cemento portland respectivamente.

En conclusión, la hipótesis alternativa es válida y la nula es rechazada.

Hipótesis Especifica 3

Hipótesis Alternativa (H_i)

Si aplicamos la estabilización con cemento portland y emulsión asfáltica las propiedades mecánicas de la base granular se mejoran.

Hipótesis Nula (H₀)

Si aplicamos la estabilización con emulsión asfáltica y con cemento portland las propiedades mecánicas de la base granular no se mejoran.

Se estabilizó con emulsión asfáltica (3.30%) el material de la base granular y se obtuvo como resultados del ensayo Proctor Modificado 5.8% de Óptimo Contenido de Humedad y 2.28gr/cm³ de Máxima Densidad Seca para el material con emulsión asfáltica y 6.3% de Óptimo Contenido de Humedad y 2.29gr/cm³ Máxima Densidad Seca para el material granular virgen. Luego se calculó el CBR obteniéndose 72% y 82.2% para el material virgen y material con emulsión asfáltica respectivamente.

Se estabilizó con Cemento portland (5%) el material de la base granular y se obtuvo como resultados del ensayo Próctor Modificado 7.1% de Óptimo Contenido de Humedad y 2.30gr/cm³ de Máxima Densidad Seca para el material con Cemento Portland y 6.3% de Óptimo Contenido de Humedad y 2.29gr/cm³ Máxima Densidad Seca para el material granular. Luego se calculó el CBR obteniéndose 72% y 160.4% para el material virgen y material con cemento portland respectivamente.

En conclusión, la hipótesis alternativa es válida y la nula es rechazada.

CONCLUSIONES

1. Se realizó la comparación de las propiedades mecánicas de la base granular estabilizada con cemento portland y la base granular estabilizada con emulsión asfáltica, teniendo como resultados favorables para el uso del cemento portland como estabilizador ya que para tramos de niveles de alto volumen de tráfico posee mayor resistencia, durabilidad y trabajabilidad que una base granular estabilizada con emulsión asfáltica.
2. Se obtuvo de las propiedades mecánicas del base granular del pavimento estabilizado con emulsión asfáltica, el siguiente análisis; de que, siendo el material de cantera a utilizar, un suelo no plástico, se ha comprobado bibliográficamente que, para poder evitar las deformaciones de la capa mejorada, al aplicar la emulsión asfáltica se obtuvo una acción ligante por parte de la base granular estabilizada.
3. Se obtuvo de las propiedades mecánicas del base granular del pavimento estabilizado con cemento portland, el siguiente análisis; de que, la dosificación del cemento depende por el tipo de suelo, siendo el material de cantera a utilizar, un suelo no plástico y garantizando que la resistencia mínima es de 1.8 MPa, se ha comprobado bibliográficamente que, la base estructural estabilizada capta el total o una buena parte de todas las cargas y los lleva a valores admisibles por el suelo de fundación.
4. Se propone como solución óptima para el acceso vial a la mina Cuajone de 7 km de recorrido, utilizar la estabilización con emulsión asfáltica Emultec -CSS 1h; ya que, el cemento portland, si bien es cierto, obtiene mejores resultados de durabilidad, resistencia y trabajabilidad ante vías de alto volumen de tráfico, pero a un costo elevado, consecuencia de la cantidad de cemento a utilizar, tomando en cuenta la distancia total del acceso a intervenir. Aplicando la emulsión se genera impermeabilizar la base y se obtiene cumplir con los estándares técnicos y estándares de resistencia para que sea lo más económico.

RECOMENDACIONES

1. Si se requiere incrementar la impermeabilización del material, se recomienda estabilizar con emulsión asfáltica, y para el caso del cemento portland se recomienda que se utilice para incrementar la resistencia de cualquier tipo de material; además de poder optimizar el contenido de cemento; en la presente investigación se utilizó 5% en su dosificación, dando como resultado el 160.4% de CBR, siendo el mínimo requerido 100% para cualquier base granular para altos volúmenes de tráfico como es nuestro caso y 80% para bajo volumen de tráfico. Se puede decir que, se puede utilizar menos porcentaje de cemento según nuestra clasificación de material el parámetro de cemento sería de 3% a 5%, esto quiere decir que podemos dosificar con menor cantidad de cemento.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos por el diseño estructural realizado para el 1er tramo del acceso vial de la Mina Cuajone, se recomienda que, para una mejor optimización de trabajo, se debe utilizar la estabilización con emulsión asfáltica; ya que para una base estabilizada con cemento portland se obtuvo un espesor de 6 pulgadas y para una base estabilizada con emulsión asfáltica 10 pulgadas. Teniendo en cuenta que el acceso tiene una longitud de 7km aproximadamente, se recomienda el uso de la Emulsión asfáltica.
3. Para evitar el fisuramiento en la capa de rodadura se recomienda estabilizar principalmente con emulsión asfáltica ya que se logra una solución flexible y al ser flexible el suelo a estabilizar no presentaría problemas de este tipo.
4. Se recomienda, según el Instituto Latinoamericano de Investigación y Estudios Viales, utilizar el cemento portland como estabilizador, para el caso de que el material a estabilizar tenga un alto porcentaje de finos y se requiera una elevada capacidad de soporte de base, que disminuya las tensiones que llegan a la sub rasante con lo que se puede aumentar la vida de servicio del mismo (2% a 12%) ya que el cemento aumenta significativamente los porcentajes de CBR.

BIBLIOGRAFIA

- Wightman, D. C., E. E. Stannard, and J. Dakin. HDM-4 Software User Guide. Birmingham University, Birmingham, UK, 2002.
- MTC. Sección De Suelos Y Pavimentos, R.D. N°10-2014-MTC/14. Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, Lima, Perú, 2014, Vol. R.D. N°10-2014-MTC/14, pp. 1-302.
- NCHRP. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final Report, NCHRP Project 1-37A. National Cooperative Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC, 2004.
- Powell, W. D., J. F. Potter, H. C. Mayhew, and M. E. Nunn. The Structural Design of Bituminous Roads. TRRL Laboratory Report 1132, Transport and Road Research Laboratory, TRL, Crowthorne, Berkshire, UK, 1984.
- Packard, R. G. Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Portland Cement Association, Skokie, IL, 1984.
- Walsh, I. D. ICE Manual of Highway Design and Management. ICE Publishing, London, UK, 2011. [7] MOP. Volumen N°3 Instrucciones Y Criterios De Diseño. Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile, Santiago de Chile, Chile, 2002, pp. 1-474.
- Van Til, C. J., B. F. McCullough, B. A. Vallerga, and R. G. Hicks. Evaluation of AASHTO Interim Guides for Design of Pavement Structures. Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1972.
- AASHTO. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.
- MTC. Especificaciones Generales De Carreteras EG. Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, Lima, Perú, 2000.

FHWA. LTPPBIND, Version 3.1 Beta. , 2005 Pavement Systems LLC (PaveSys).

Timoshenko, S. P., and J. N. Goodier. Theory of Elasticity. McGraw-Hill, New York, NY, 1970. [13] Friberg, B. F. Design of Dowels in Transverse Joints of Concrete Pavements. Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol. 195, No. 1, 1940, pp. 1076-1095.

Asphalt Institute. Research and Development of the Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS-1) Ninth Edition. Asphalt Institute, College Park, MD, 1982.

ACI 116R. (2000). *TERMINOLOGIA DEL CEMENTO Y EL HORMIGON.*

ACI 230.1R - 90. (1997). *REPORT ON SOIL CEMENT.*

Aguilar, N., & Salas, G. (2012). *Comparativo entre tratamiento Superficial Bicapa y Asfalto en Caliente, en Rehabilitacion de la Carretera Chacachaca - Yunguyo - Kasani.* Arequipa: Universidad Católica de Santa María.

Aliaga, F., & Soriano, C. (2019). *Análisis Comparativo de Estabilización con Cemento Portland y Emulsión Asfáltica en Bases Granulares.*

Alvarez, I. . (2008). *Análisis y Estudio de la Red Vial Pavimentada de la I Región utilizando el sistema computacional dTIMS.* . Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Amado, C., & Gi, O. . (2017). *ANÁLISIS DEL COSTO EN EL CICLO DE VIDA PARA DOS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTO.* . Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

ASPHALT INSTITUTE. (2005). *MANUAL BASICO DE EMULSIONES ASFALTICAS.* LEXINGTON, KY.

Burbano, J. & Zuluaga, D. (2011). *INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA Y LA DOSIFICACIÓN EN EL FRESADO ESTABILIZADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA.* Bogota D. C., Colombia.

Burneo, L. (2013). *Mejora de la Productividad en Mantenimiento Rutinario de una Carretera Aplicando Filosofía Lean Construcción.* . Piura: Facultad de Ingeniería - Universidad de Piura. Retrieved from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1752/ICI_195.pdf?sequence=1&

- Castillo, P. (2018). *INFLUENCIA DE LA APLICACION DE ADITIVOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS PARA USO COMO SUBRASANTE MEJORADA DE PAVIMENTOS ENTRE LOS SECTORES CAJAMARCA - HUASO, LA LIBERTAD.*
- CESPEDES, J. (2019). *ESTABILIZACION DE UN SUELO ARENOSO CON EMULSION ASFALTICA.* SANTA CRUZ - BOLIVIA.
- Coronado, J. (2002). *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos.* Guatemala.
- Cusme, W. & Tapia, R. . (2016). *Estudio del comportamiento del material de mejoramiento tratado con emulsión asfáltica para su utilización como base/sub-base en la estructura de pavimentos”. Trabajo de titulación de Ingeniería Civil. .* Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Matematicas, Física y Química.
- De La Torre, M. (2018). *Evaluación del diseño de Pavimentos Estabilizados con Emulsión Asfáltica y Cemento Portland para el Proyecto de Conservación Vial Puno Tacna Tramo Tarata-Capazo-Mazocruz.*
- Divas, E. (2018). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA EL EMPLEO EN SUBBASES Y BASES.* GUATEMALA.
- EL PERUANO. (2019, AGOSTO 09). *CARRETERAS PARA EL DESARROLLO.* EL PERUANO. Retrieved from EL PERUANO: <https://elperuano.pe/noticia/82291-carreteras-para-el-desarrollo>
- Flores, J. (2015). *ESTABILIZACION DE SUELOS CON FINES DE COFORMACION DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZADO CON CEMENTO EN LA CIUDAD DE JULIACA.* JULIACA, PERÚ.
- Griffin, J., & Tingle, J. (2009). *EVALUACIÓN IN SITU DE AERÓDROMOS DE SUELO ESTABILIZADO CON CEMENTO PORTLAND SIN SUPERFICIE.*
- GUEVARA, J. & SALAZAR, L. (2021). *COMPARACION TECNICA Y ECONOMICA DE BASE GRANULAR ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y EMULSION ASFALTICA PARA EL CAMINO DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO DE LA RUTA LI-113, DISTRITO DE CHARAT, USQUIL, HUARANCHAL, OTUZCO, LA LIBERTAD.* TRUJILLO, PERÚ.
- GUTIERREZ, C. (2010). *"ESTABILIZACION QUIMICA DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DEL CLORURO DE MAGNESIO (BISCHOFITA) FRENTE AL CLORURO DE CALCIO".* LIMA, PERU.

- Herrera, S. (2014). *EFEECTO DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMO ESTABILIZANTE DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA GUITARRERO PARA BASES DE PAVIMENTOS RIGIDOS*. Cajamarca, Perú.
- Ibañez, H. (2003). *"USO DE EMULSIONES EN PAVIMENTOS ASFALTICOS; ASFALTOS CALIENTES Y FRIOS"*. VALDIVIA - CHILE.
- Instituto Mexicano del Transporte. (2001). *EMULSIONES ASFALTICAS*.
- Intriago, J. & Zavala, K. (2016). *ANÁLISIS DEL COMPARATIVO DEL MATERIAL DE CANTERA SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO, TRATADO CON CEMENTO PARA SU UTILIZACION COMO BASE EN LA ESTRUCTURA. TRABAJO DE TITULACION DE INGENIERIA CIVIL*. Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencia Matemáticas, Físicas y Químicas.
- LAPA, C. (2018). *ESTABILIZACION DE BASES GRANULARES CON FIBRA DE CAUCHO RECICLADO TALLADO*. HUANCAYO.
- Manual de Carreteras MC 02-18. (2018). *Diseño Geométrico DG - 2018*. Lima: Dirección General de caminos y ferrocarriles.
- Márquez, C. (2020). Estabilización de suelos con cemento, una solución moderna y sustentable.
- Mendoza, C. (2016). *Propuesta de utilización de emulsión asfáltica modificada en el mantenimiento de la carretera: Lucma-09 de octubre, para mejorar la transitabilidad vehicular en el distrito de Lucma, provincia Gran Chimú - La Libertad, 2016*. Universidad Privada de Trujillo, Trujillo, Perú. Retrieved from <http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/29>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. Lima.
- Ministerio de transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas para la Construcción EG-2013*. . Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. Lima, Perú.
- MTC 02-2018. (2018). *Glosario de términos de Uso Frecuente de Proyectos de Infraestructura Vial*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

- MTC. (2018). *"GLOSARIO DE TERMINOS" DE USO FRECUENTE EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL*. LIMA.
- Ñamo, P. (2015). *LAS CONDICIONES DE LA VIA SANTIAGO DE TAPI-EL CARMEN EN EL CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO Y SU INCIDENCIA EN LA MOVILIDAD DE LOS MORADORES DEL SECTOR*. Ambato - Ecuador.
- Quiroz, W. (2017). *COMPARACIÓN ENTRE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA, Y LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ASFALTO Y DIÉSEL PARA DETERMINAR CUÁL ESTABILIZACION PROPORCIONA MAYOR DENSIDAD APARENTE Y RELACION DE SOPORTE CBR*. ECUADOR.
- Rivera, G. (1998). *Emulsiones Asfálticas*. 4ta ed. . México DF. Alfaomega.
- ROSENDO, A. & DONOSO, A. (2008). *PROPOSICION DE UNA METODOLOGIA PARTICULAR PARA OBTENER LA CAPACIDAD DE SOPORTE PARA SUELOS GRANULARES SIN CURVA PROCTOR DEFINIDA*. PUNTA ARENAS, CHILE.
- Rosero, F. (2013). *BASES ESTABILIZADAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS (APLICACION CALLE NOGALES PARROQUIA NAYÓN L=1.0 KM)*.
- Sociedad Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes. (1997). *Diseño de estructuras de Pavimentos*. Lima, Perú.
- SUXE, R. (2017). *APLICACION DE EMULSION ASFALTICA PARA ESTABILIZAR EL AFIRMADO DE LA CARRETERA BAGUA GRANDE - BUENA VISTA, REGION DE AMAZONAS*. AMAZONAS.
- Toirac, J. (2008). *EL SUELO - CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION* . SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA .
- Torres, R. . (2018). *Bases Teóricas par Tratamiento de Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica Catiónica en carretera Yauti - desvio Livitaca*.
- Zambrano, M., & Tejada, E. (2019). *MATERIALES GRANULARES TRATADOS CON EMILSIÓN ASFÁLTICA PARA SU EMPLEO EN BASES O SUBBASES DE PAVIMENTOS FLEXIBLES*.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

ANÁLISIS DE ESTABILIZACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y CON CEMENTO PORTLAND PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA BASE GRANULAR DEL PAVIMENTO						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	MEDICIÓN	MÉTODO
¿En qué medida la comparación de la estabilización de base con cemento portland y emulsión asfáltica nos permite establecer las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento en el acceso vial a la mina cuajone basada en registros bibliográficos?	Establecer la comparación de las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento aplicando la Estabilización con cemento portland y con emulsión asfáltica para proponer la alternativa óptima para la estructura del pavimento en el acceso vial a la mina cuajone basada en registros bibliográficos	Estableciendo la comparación de las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento aplicando la Estabilización con cemento portland y con emulsión asfáltica, se determina la óptima para la estructura del pavimento en el acceso vial a la mina cuajone basada en registros bibliográficos	Estabilización con cemento portland y con emulsión asfáltica	Dosificación del Cemento Portland Tipo I y de la Emulsión Asfáltica	Porcentual (%)	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Método: Deductivo Orientación: Aplicada Enfoque: Cualitativo Nivel: Descriptivo Diseño: no experimental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	MEDICIÓN	
¿En qué medida el análisis de las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento, se estabiliza con emulsión asfáltica para el acceso vial a la mina cuajone basado en registros bibliográfico?	Analizar las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento estabilizado con emulsión asfáltica para el acceso vial a la mina cuajone basado en registro bibliográfico	Se mejoran las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento estabilizado con emulsión asfáltica	Propiedades mecánicas de la base granular	Espesor de base granular	Porcentual (%) y Adimensional	POBLACIÓN Diferentes tipos de suelos a nivel nacional
¿En qué medida el análisis de las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento, se estabiliza con cemento portland para el acceso vial a la mina cuajone basado en registros bibliográfico?	Analizar las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento estabilizado con cemento portland para el acceso vial a la mina cuajone basado en registro bibliográfico	Se mejoran las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento estabilizado con Cemento portland				MUESTRA Suelo granular perteneciente a la región de Moquegua
¿Qué propuesta es la más óptima para la estabilización de las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento en el acceso vial a la mina cuajone basado en registros bibliográficos?	Proponer la Estabilización de la base granular con emulsión asfáltica o cemento portland para la optimización y aplicación en el acceso vial a la mina cuajone basado en registros bibliográfico.	Se mejoran las propiedades mecánicas de la base granular de la estructura del pavimento estabilizado con Cemento portland y Emulsión Asfáltica				INSTRUMENTOS Registros de ensayos y toma de datos conforme a normativas ASTM, AASHTO y MTC

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Operacionalización de las Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	INSTRUMENTO	HERRAMIENTA
VARIABLE INDEPENDIENTE Estabilización con cemento portland y emulsión asfáltica	Incorporación de un porcentaje de cemento al material granular, dicho material aumenta sus propiedades de resistencia mecánica, de plasticidad y es estable ante los procesos de meteorización bajo a condiciones del clima a que está expuesto en el pavimento.	A la muestra de suelo procedente del acceso en investigación, se le adicionará contenidos estimados de cemento según el tipo de suelo encontrado.	Estabilización con cemento portland	Dosificación del Cemento Portland Tipo I	Porcentual (%)	Cuantitativa continua	Registros de ensayos y toma de datos	MTC E - 1101 MTC E- 1103 MTC E- 1102 MTC E- 117
	Sistema heterogéneo termodinámicamente inestable, formado al menos por dos fases líquidas no miscibles, de las cuales una está dispersa en la otra bajo la forma de pequeñas gotas (glóbulos) cuyo diámetro es en general superior a $0.1 \mu\text{m}$.	A la muestra de suelo procedente del acceso en investigación, se le adicionará contenidos estimados de emulsión asfáltica según el tipo de suelo encontrado.	Estabilización con emulsión asfáltica	Dosificación de La Emulsión asfáltica	Porcentual (%)	Cuantitativa continua		MTC E-124 MTC E- 207 MTC E- 209 AASHTO M-145 AASHTO T 290 MTC E-129
VARIABLE DEPENDIENTE Propiedades mecánicas de la base granular	Es un material granular grueso compuesto por grava, arena y material fino, posee cierta resistencia ante deformaciones lo cual hace que pueda ser expuesta a presiones.	Material granular encontrado en el acceso investigado, son registros de los resultados de calicatas en campo.	Propiedades mecánicas	Espesor de base granular	Porcentual (%) y Adimensional	Cuantitativa continua		ASTM D 422/ MTC E-107 ASTM D 4318/MTC E-110, E111 ASTM D 2216/MTC E-108 ASTM D 2487 ASTM D 1557/ MTC E-115 ASTM D 1883/ MTC E-132

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Cálculo del tráfico de diseño

Tipo de vehículo	IMD 2017	r (%)	Factor de Daño (FD)	ESAL		
				2019	2028	2038
B2	25.0	1.06%	7.31	5.07E+04	4.64E+04	5.16E+04
B3-1	6.0	1.06%	4.27	7.11E+03	6.51E+03	7.23E+03
B4-1	-	3.95%	6.32	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C2	29.0	3.95%	7.31	6.11E+04	7.19E+04	1.06E+05
C3	13.0	3.95%	5.33	2.00E+04	2.35E+04	3.46E+04
C4	4.0	3.95%	4.50	5.19E+03	6.11E+03	9.00E+03
T2S1	1.0	3.95%	12.58	3.62E+03	4.26E+03	6.28E+03
T2S2	2.0	3.95%	10.58	6.11E+03	7.18E+03	1.06E+04
T2S3	1.0	3.95%	10.07	2.91E+03	3.42E+03	5.04E+03
T2Se3	-	3.95%	15.84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
T3S1	1.0	3.95%	10.58	3.05E+03	3.59E+03	5.29E+03
T3S2	3.0	3.95%	8.60	7.45E+03	8.76E+03	1.29E+04
T3S3	39.0	3.95%	8.10	9.11E+04	1.07E+05	1.58E+05
T3Se3	-	3.95%	13.86	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C2R2	-	3.95%	17.81	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C2R3	-	3.95%	15.84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3T2 / C3R2	-	3.95%	15.84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3T3 / C3R3	-	3.95%	13.86	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C3R4	-	3.95%	11.88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
T3Se2 Se2	-	3.95%	26.34	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ligero	740	1.19%	0.0017	3.51E+02	3.22E+02	3.57E+02
Total				2.59E+05	2.59E+06	6.09E+06

Anexo 4: Registro de excavación de la cantera Santa Fortunata I



REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-01

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: D.O.J.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 03/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA I	PROFUNDIDAD (m)	: 2.60
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (M)	D R A P I C D	DESCRIPCION DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de coque y material orgánico; porcentaje estimado de boleros / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límite de consistencia				N° DE MUESTRA
					Humedad natural				
					L.L. %	L.P. %	U.P. %	H.B. %	
0.00		Grava mal gradada con limo y arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=30", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=2.1%, con 54.0% de grava, 40.2% de arena y 5.8% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación media a dura. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=7%, material 6"-12"=9%, material 2"-6"=8%, y material <2"=76%.	GP-GM	A-1-a (0)	NP	NP	NP	2.10	M1
0.20									
0.40									
0.60									
0.80									
1.00									
1.20									
1.40									
1.60									
1.80									
2.00									
2.20									
2.40									
2.60									



Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 330.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 330.136 (1998) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

Activar Windows

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-02

PROYECTO	INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA NACIONAL CON GASTA VILLA CAUJONE	ELABORADO	: D.O.J.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 03/06/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA I	PROFUNDIDAD (m)	: 2.60
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

Profundidad (m)	C S A F I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del mineral granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de dedaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolitas / cantos, etc.</small>	SUCC	AASHTO	Límite de consistencia Humedad natural				W (%)
					LL	LP	LP	HL	
					%	%	%	%	
0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80 3.00	SP - SM	Arena mal graduada con limo y grava, con las siguientes características: Tamaño máximo=16", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=2.6%, con 41.1% de grava, 47.7% de arena y 11.2% de material pasando la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación media. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material¹²=10%, material 6"-12"¹⁰=10%, material 2"-4"⁸=8% y material²=72%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en un espesor de 0.10m.	SP-SM	A-1-b (R)	NP	NP	NP	2.60	M1




Referencias

- : Norma ASTM D 2958 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 208 110 (2011) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 208 116 (1998) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminología y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-03

PROYECTO : INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE
SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC **ELABORADO** : D.O.J.
UBICACIÓN : MOQUEGUA - PERU **REVISADO** : J.R.R.
CANTERA : SANTA FORTUNATA I **FECHA DE EXCAVACIÓN** : 03/08/2017
PROGRESIVA : KM 00+000 LD **PROFUNDIDAD (m)** : 2.60

PROF. (M)	S R A P I C O	DESCRIPCION DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de coqueles y material orgánico; porcentaje estimado de bolson / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Lista de consistencia				N° DE MUESTRA
					Humedad natural				
					LL %	LP %	IP %	U.C. %	
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80 3.00		Grava mal gradada con limo y arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=40", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=1.5%, con 52.6% de grava, 40.1% de arena y 7.3% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación suelta a media. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=10%, material 6"-12"=8%, material 2"-6"=8%, y material <2"=74%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en un espesor de 0.10m.	GP-GM	A-1-a (0)	NP	NP	NP	1.90	M1

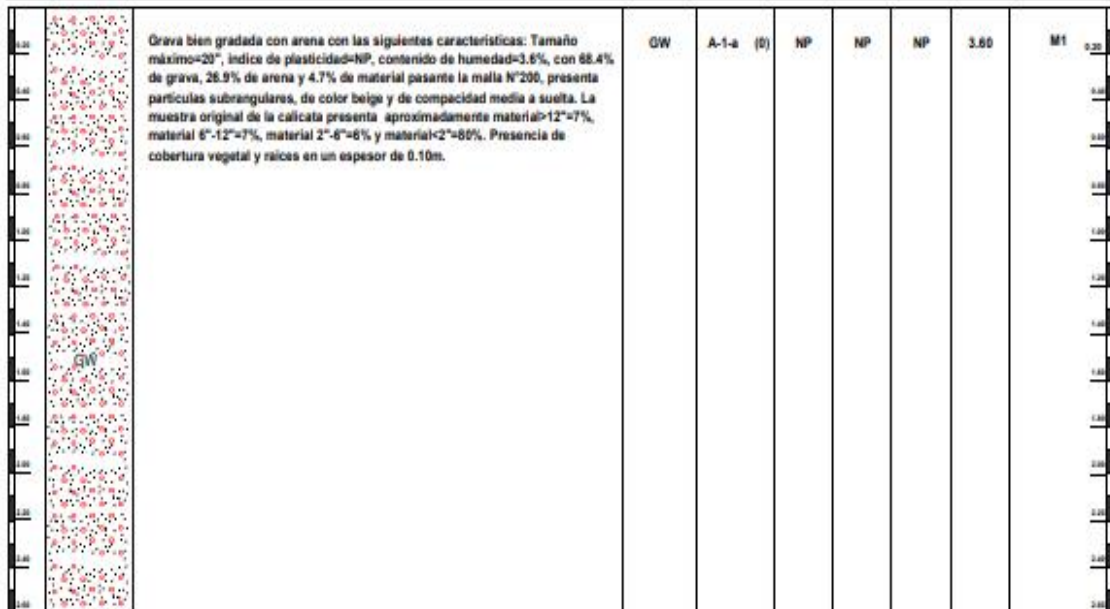


Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 338.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 338.134 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminología y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-04

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: D.O.J.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 03/09/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA I	PROFUNDIDAD (m)	: 2.60
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (M)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia				Wp de muestra
				Humedad natural				
				LL	LP	UP	UR	
%	%	%	%					
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60		GW	A-1-a (0)	NP	NP	NP	3.60	M1



Referencias

- : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-05

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: D.O.J.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 03/09/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA I	PROFUNDIDAD (m)	: 2.60
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (m)	D R A P I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolos / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límite de consistencia				Nº DE MUESTRA	
					Humedad natural					
					LL	LP	IP	N.P.		
					%	%	%	%		
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 5px;">0.00</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.05</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.10</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.15</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.20</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.25</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.30</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.35</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.40</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.45</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.50</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.55</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.60</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.65</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.70</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.75</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.80</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.85</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.90</div> <div style="margin-bottom: 5px;">0.95</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.00</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.05</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.10</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.15</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.20</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.25</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.30</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.35</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.40</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.45</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.50</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.55</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.60</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.65</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.70</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.75</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.80</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.85</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.90</div> <div style="margin-bottom: 5px;">1.95</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.00</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.05</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.10</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.15</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.20</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.25</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.30</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.35</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.40</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.45</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.50</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.55</div> <div style="margin-bottom: 5px;">2.60</div> </div>										




Referencias

- : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-06

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: D.O.J.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 03/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA I	PROFUNDIDAD (m)	: 2.80
PROGRESIVA	: KM 60+000 LD		

RECOP. (M)	D R A P I C O	DESCRIPCION DEL SUELO <small>Clasificación siltica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de coqueles y material orgánico; porcentaje estimado de bolcos / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia <small>Humedad natural</small>				Nº DE MUESTRA
					L.L.	L.P.	I.P.	H.M.	
					%	%	%	%	
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: 8px; margin-right: 5px;"> 0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80 </div>  </div>		<p>Grava mal gradada con arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=20", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=2.8%, con 54.5% de grava, 40.5% de arena y 5.0% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación suelta a media. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=9%, material 8"-12"=10%, material 2"-8"=8% y material <2"=73%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en un espesor de 0.10m.</p>	GP	A-1-a (0)	NP	NP	NP	2.80	M1



Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 339.134 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-07

PROYECTO : INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE

ROI INSTANTE : AZIZE INGENIEROS SAC

FI APROBADO : D.O.J.

UBICACIÓN : MOQUEGUA - PERU

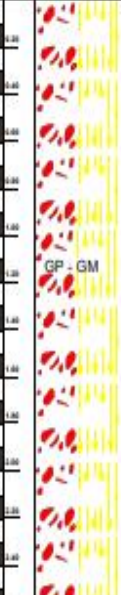
REVISADO : J.R.R.

CANTERA : SANTA FORTUNATA I

FECHA DE EXCAVACIÓN : 03/03/2017

PROGRESIVA : KM 00+000 LD

PROFUNDIDAD (m) : 2.80

PROF. (M)	D R A F I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones; y material orgánico: porcentaje estimado de bolcos / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límite de consistencia				MOEDURAS
					Humedad natural				
					LL	LP	IP	WL	
%	%	%	%						
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80		<p>Grava mal gradada con limo y arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=18", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=2.1%, con 54.6% de grava, 35.1% de arena y 10.5% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subredondeadas, de color beige y de compactación suelta. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=8%, material 6"-12"=8%, material 2"-6"=3% y material <2"=76%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en un espesor de 0.10m.</p>	GP-GM	A-1-a (0)	21.00	NP	NP	2.10	M1




Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 338.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminología y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-08

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DERRE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: D.O.J.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 03/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA I	PROFUNDIDAD (m)	: 2.80
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (M)	D R A P I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación litica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolsones / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia				N° DE MUESTRA
					Humedad natural				
					LL	LP	IP	MR	
					%	%	%	%	
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80 3.00		Grava mal gradada con arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=20", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=1.8%, con 51.4% de grava, 44.0% de arena y 4.6% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación suelta. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=6%, material 7"-12"=7%, material 2"-6"=7% y material <2"=79%.	GP	A-1-a (0)	NP	NP	NP	1.80	M1




Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 339 150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 339 136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-09

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: D.O.J.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 03/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA I	PROFUNDIDAD (m)	: 2.60
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (m)	D R A F I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de coque y material orgánico; porcentaje estimado de bolacas / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia				Nº DE MUESTRA
					Humedad natural				
					LL %	LP %	IP %	HL %	
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60		Grava con limo y arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=20", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=2.6%, con 51.0% de grava, 41.8% de arena y 7.2% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación suelta a media. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=8%, material 6"-12"=10%, material 2"-6"=8% y material <2"=74%.	GP-GM	A-1-a (0)	NP	NP	NP	2.00	M1



Referencias

- : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 339.152 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-10

PROYECTO	INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	D.O.J.
SOLICITANTE	AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	J.R.R.
UBICACIÓN	MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	03/08/2017
CANTERA	SANTA FORTUNATA I	PROFUNDIDAD (m)	2.60
PROGRESIVA	KM 00+000 LD		

PROF. (M)	D R A P I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compacidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolsones / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia <i>Humedad natural</i>				N° DE MUESTRA
					LL %	LP %	UP %	UR %	
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60	GW	Grava bien gradada con arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=18", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=1.9%, con 56.0% de grava, 40.1% de arena y 3.9% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compacidad suelta a media. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=8%, material 6"-12"=8%, material 2"-6"=8% y material <2"=76%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en un espesor de 0.10m.	GW	A-1-a (0)	NP	NP	NP	1.90	M1



Referencias :

- : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 332.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 332.138 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-11

PROYECTO :	INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO :	D.O.J.
SOLICITANTE :	AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO :	J.R.R.
UBICACIÓN :	MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN :	03/08/2017
CANTERA :	SANTA FORTUNATA I	PROFUNDIDAD (m) :	2.60
PROGRESIVA :	KM 60+000 LD		

PROF (m)	D B A F I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de coqueles y material orgánico; porcentaje estimado de bolcos / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Lista de consistencia <i>Humedad natural</i>				Nº DE MUESTRA
					LL %	LP %	IP %	W.B. %	
0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60	GM	Grava limosa, con las siguientes características: Tamaño máximo=16", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=2.6%, con 49.8% de grava, 34.4% de arena y 15.8% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación suelta. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=10%, material 6"-12"=6%, material 2"-6"=8% y material <2"=76%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en un espesor de 0.10m.	GM	A-1-b (0)	NP	NP	NP	2.00	M1



Referencias :

- : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-12

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: D.O.J
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 03/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA I	PROFUNDIDAD (m)	: 2.80
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (M)	D R A F I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolitas / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia <small>Humedad natural</small>				Nº DE MUESTRA
					LL %	LP %	IP %	W _n %	
0.00	GP - GM	Grava bien gradada con limo y arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=16", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=2.8%, con 53.8% de grava, 38.5% de arena y 7.7% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación suelta. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=8%, material 6"-12"=10%, material 2"-6"=10% y material <2"=72%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en un espesor de 0.10m.	GP-GM	A-1-a (0)	22.00	NP	NP	2.80	M1
0.05									
0.10									
0.15									
0.20									
0.25									
0.30									
0.35									
0.40									
0.45									
0.50									
0.55									



Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 339.138 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

Anexo 5: Registro de excavación de la cantera Santa Fortunata II




REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-01

PROYECTO : INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE
SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
UBICACIÓN : MOQUEGUA - PERU
CANTERA : SANTA FORTUNATA II
PROGRESIVA : KM 00+000 LD

ELABORADO : L.E.S.R.
REVISADO : J.R.R.
FECHA DE EXCAVACIÓN : 04/08/2017
PROFUNDIDAD (m) : 2.60

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia				Nº DE MUESTRAS
				LL	LP	IP	IS	
				%	%	%	%	
0.00	 <p>Grava mal gradada con arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=20", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=1.6%, con 54.2% de grava, 41.0% de arena y 4.8% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación suelta a media. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=10%, material 6"-12"=9%, material 2"-6"=8% y material <2"=73%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en la parte superficial en un espesor de 0.10m.</p>	GP	A-1-a (B)	NP	NP	NP	1.60	M1
0.20								
0.40								
0.60								
0.80								
1.00								
1.20								
1.40								
1.60								
1.80								

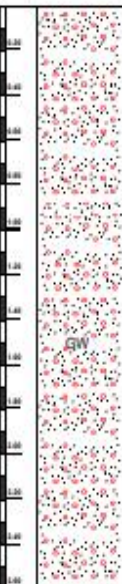


Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 335 150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 335 136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-02

PROYECTO	INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: L.E.S.R.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 04/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA II	PROFUNDIDAD (m)	: 2.80
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROP. (M)	D R A P I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolcos / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia <small>Humedad natural</small>				Nº DE MUESTRA
					LL	LP	IP	HL	
					%	%	%	%	
		<p>Grava bien gradada con arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=20", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=1.9%, con 64.9% de grava, 32.4% de arena y 2.7% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación suelta a media. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=3%, material 6"-12"=8%, material 2"-6"=8% y material <2"=76%.</p>	GW	A-1-a (5)	NP	NP	NP	1.90	M1



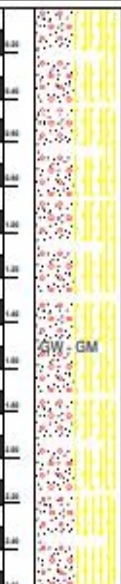
Referencias

- : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-03

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: L.E.S.R.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 04/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA II	PROFUNDIDAD (m)	: 2.80
PROGRESIVA	: KM 60+000 LD		

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia				Nº DE MUESTRA
				Humedad natural				
				L.L. %	LP. %	UP. %	SL. %	
0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80	 <p>Grava con limo y arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=11", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=1.8%, con 59.6% de grava, 39.3% de arena y 6.1% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación suelta. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=13%, material 6" 12"=10%, material 2"-6"=10% y material <2"=68%.</p>	GW-GM	A-1-a (0)	NP	NP	NP	1.80	M1



Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-04

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: L.E.S.R.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 04/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA II	PROFUNDIDAD (m)	: 2.80
PROGRESNA	: KM 00+000 LD		

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	AASHTO	Lista de consistencia				MUESTRA
				Humedad natural				
				LL	LP	IP	SL	
%	%	%	%					
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80	GM	GM	A 1 b (6)	19.50	NP	NP	3.80	M1

Grava limosa, con las siguientes características: Tamaño máximo 3/4", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=3.5%, con 43.3% de grava, 42.7% de arena y 14.0% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación suelta a media. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=12%, material 6"-12"=8%, material 2"-6"=8% y material <2"=74%.



Referencias

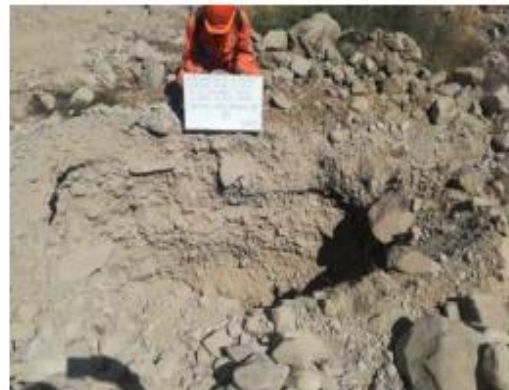
- : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-05

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: L.E.S.R.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 04/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA II	PROFUNDIDAD (m)	: 2.60
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (M)	D R A P I C O	DESCRIPCION DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compacidad; grado de compacidad / consistencia; otros: presencia de coqueles y material orgánico; porcentaje estimado de bolotas / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	LÍMITE DE CONSISTENCIA				Nº DE MUESTRA
					Humedad natural				
					LL	LP	UP	UC	
%	%	%	%						
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60	GM	Grava limosa, con las siguientes características: Tamaño máximo=25", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=2.4%, con 54.7% de grava, 32.0% de arena y 13.3% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compacidad suelta. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=10%, material 6"-12"=12%, material 2"-6"=8% y material <2"=70%.	GM	A-1-a (0)	19.00	NP	NP	2.40	M1



Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-06

PROYECTO	INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: L.E.S.R.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 04/09/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA II	PROFUNDIDAD (m)	: 2.80
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (m)	D E S C R I P C I O N	DESCRIPCION DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolcos / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia				N° DE MUESTRAS
					Humedad natural				
					LL	LP	IP	PL	
%	%	%	%						
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80	GW	Grava bien gradada con arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=20", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=1.7%, con 56.0% de grava, 40.0% de arena y 4.0% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige claro y de compactación suelta. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=10%, material 6"-12"=12%, material 2"-6"=6% y material <2"=72%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en la parte superficial en un espesor de 0.10m.	GW	A-1-a (0)	NP	NP	NP	1.70	M1

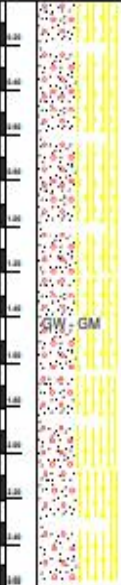


Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-07

PROYECTO	INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: L.E.S.R.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 04/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA II	PROFUNDIDAD (m)	: 2.60
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (M)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	SUCS	AASHTO	Límite de consistencia				Nº DE MUESTRA
				Humedad natural				
				LL	LP	UP	UR	
		%	%	%	%			
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: 8px; margin-right: 5px;">0.20</div>  </div>	Grava con limo y arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=27", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=2.3%, con 64.3% de grava, 28.1% de arena y 7.6% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compacidad suelta. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=12%, material 6"-12"=12%, material 2"-6"=10% y material <2"=66%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en la parte superficial en un espesor de 0.10m.	GW-GM	A-1-a (6)	19.00	NP	NP	2.30	M1



Referencias

- : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 339.150 (2007) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-08

PROYECTO	INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: L.E.S.R.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 04/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA II	PROFUNDIDAD (m)	: 2.60
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (M)	G R A F I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compacidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estrado de bolitas / canchales, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia				Nº DE MUESTRAS
					Humedad natural				
					L.L. %	L.P. %	U.P. %	S.B. %	
0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60	SP	<p>Arena pobremente gradada con grava, con las siguientes características: Tamaño máximo=20", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=1.8%, con 46.7% de grava, 48.6% de arena y 4.7% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compacidad suelta. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=10%, material 6"-12"=10%, material 2"-6"=10% y material <2"=70%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en la parte superficial en un espesor de 0.10m.</p>	SP	A-1-a (0)	NP	NP	NP	1.80	M1



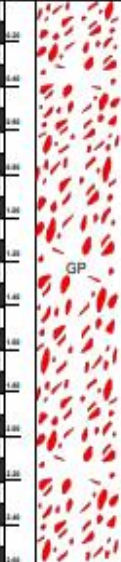
Referencias

- * Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.134 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-09

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: L.E.S.R.
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R.
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 04/03/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA II	PROFUNDIDAD (m)	: 2.60
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROF. (m)	D E S C R I P C I O N	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolsones / cenizas, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límite de consistencia				Nº DE MUESTRA
					Humedad natural				
					LL %	LP %	IP %	UC %	
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60		<p>Grava mal gradada con arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=16", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=1.7%, con 58.9% de grava, 36.6% de arena y 4.5% de material pesante la malla N°200, presenta partículas subredondeadas, de color beige y de compactación suelta. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=6%, material 6"-12"=10%, material 2"-6"=8% y material <2"=74%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en la parte superficial en un espesor de 0.10m.</p>	GP	A-1-a (0)	NP	NP	NP	1.70	M1



Referencias

- : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
- NTP 339.150 (2007) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.135 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C-10

PROYECTO	: INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE	ELABORADO	: L.E.S.R
SOLICITANTE	: AZIZE INGENIEROS SAC	REVISADO	: J.R.R
UBICACIÓN	: MOQUEGUA - PERU	FECHA DE EXCAVACIÓN	: 04/08/2017
CANTERA	: SANTA FORTUNATA II	PROFUNDIDAD (m)	: 1.50
PROGRESIVA	: KM 00+000 LD		

PROP. (m)	D R A P I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO <small>Clasificación litica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de coqueles, y material orgánico; porcentaje estimado de bolson / cantos, etc.</small>	SUCS	AASHTO	Límite de consistencia				M _{DE} MUESTRAS	
					Humedad natural					
					LL	L.P.	U.P.	N.L.		
					%	%	%	%		
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80 3.00	GP - GM	<p>Grava mal gradada con limo y arena, con las siguientes características: Tamaño máximo=30", índice de plasticidad=NP, contenido de humedad=1.8%, con 52.3% de grava, 41.4% de arena y 6.3% de material pasante la malla N°200, presenta partículas subangulares, de color beige y de compactación media. La muestra original de la calicata presenta aproximadamente material >12"=10%, material 6"-12"=6%, material 2"-6"=3% y material <2"=74%. Presencia de cobertura vegetal y raíces en la parte superficial en un espesor de 0.10m.</p>	GP-GM	A-1-a (0)	NP	NP	NP	1.80	M1	0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80 3.00



Referencias : Norma ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"
 NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

Anexo 8: Prediseño Marshall de la cantera Santa Fortunata I



EXPEDIENTE MAC
006-2018-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)
(RESUMEN)

SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
UBICACIÓN : MOQUEGUA
PROYECTO : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 23-03-18

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

CANERA SANTA FORTUNATA

PIEDRA CHANCADA 3/8" : 25%
PIEDRA CHANCADA 1/4" : 19%
ARENA CHANCADA : 38%
ARENA GRUESA : 18%
: ASTM D-3515
: GRADACIÓN D-5

2.- LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de asfalto : ASFALTO 120-150
% óptimo de C.A. : 6.3

3.- ADITIVO

Tipo de aditivo : ADHESOL 10000
% de aditivo en peso del C.A. : 0.5

4.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

Nº DE GOLPES		75	
CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL)	6.1	6.3	6.5
DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³)	2.321	2.328	2.331
VACIOS (%)	4.3	3.7	3.3
V.M.A. (%)	14.54	14.49	14.52
R.B.V. (%)	68.7	72.5	76.4
FLUJO (0,25 mm)	13.3	13.6	13.9
ESTABILIDAD (kg)	1498.0	1504.0	1501.0
Relación polvo - asfalto	1.22	1.17	1.12

5.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

Según carta de viscosidad
Temperatura de mezcla : 139°C - 143°C
Temperatura de compactación : 130°C - 133°C

6.- OBSERVACIONES

- 1.- Los agregados fueron muestreado e identificado por el solicitante.
- 2.- La piedra chancada de 3/8" que se utilizó en el diseño se ajustó la gradación en el laboratorio para encajar en el huso granulométrico D-5 del ASTM D 3515 y adicionalmente cumplir con el ensayo de caras fracturadas.
- 3.- La arena chancada se ajustó la gradación en el laboratorio para mejorar la gradación del material.
- 4.- Se observó que los materiales tanto como la piedra y arena tiene una elevada absorción.
- 5.- Se realizó el diseño a petición del cliente.
- 6.- Se recomienda realizar los ensayos faltantes que exige la especificación EG-2013.
- 7.- El solicitante debiera de realizar los ajustes en la chancadora para replicar los ajustes que se efectuó en el laboratorio. Se tendra que verificar el diseño con los nuevos agregados producido en la chancadora.
- 8.- Para validar este diseño se recomienda realizar los ensayos de desempeño a la Mezcla Asfáltica.

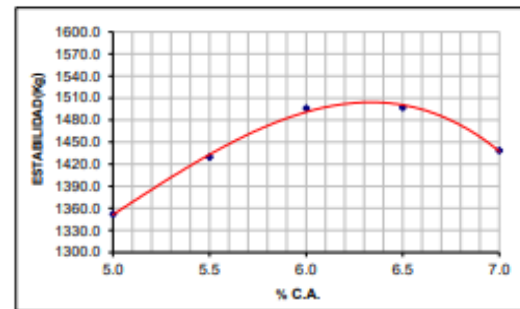
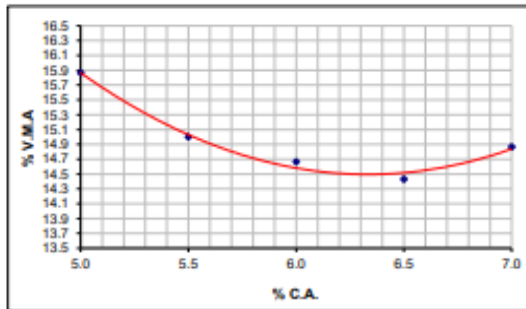
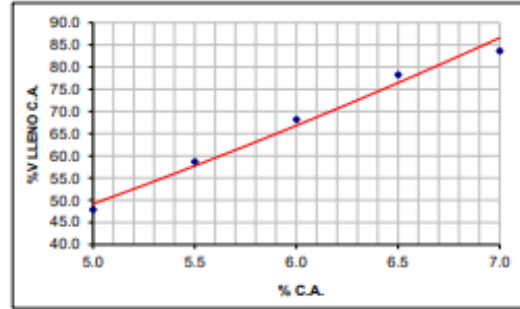
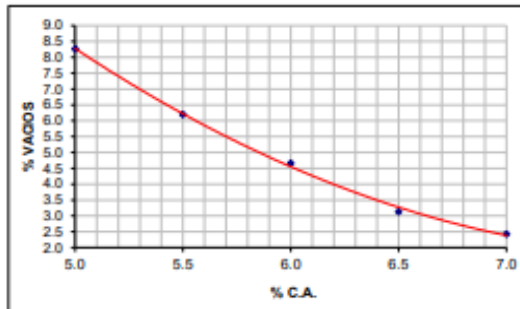
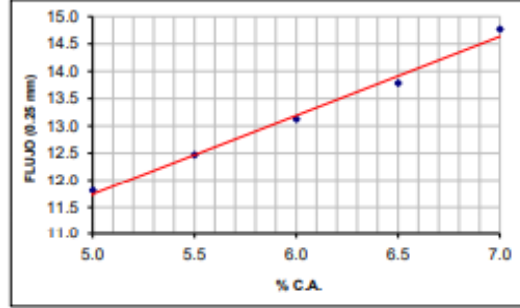
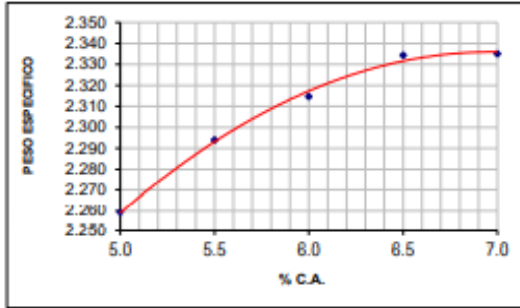
Hector Huapaya N.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica



INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
 UBICACIÓN : MOQUEGUA
 PROYECTO : INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE*
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA DE RECEPCIÓN : 23-03-18



OBSERVACIONES:

ASFAI TO 170-170

Hector Huapaya N.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Jefe del Area Técnica



EXPEDIENTE MAC
006-2018-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)

SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
UBICACIÓN : MOQUEGUA
PROYECTO : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 23-03-18

	1"			1.5"			2"			3"			3.5"		
	1	1-A	1-B	2	2-A	2-B	3	3-A	3-B	4	4-A	4-B	5	5-A	5-B
1 % C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	5.8	5.8	5.8	5.3	5.3	5.3	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5	7.0	7.0	7.0
2 % A. GRUESO (10") EN PESO DE LA MEZCLA	23.75	23.75	23.75	23.63	23.63	23.63	23.50	23.50	23.50	23.38	23.38	23.38	23.25	23.25	23.25
3 % A. GRUESO (3/8") EN PESO DE LA MEZCLA	18.05	18.05	18.05	17.96	17.96	17.96	17.86	17.86	17.86	17.77	17.77	17.77	17.67	17.67	17.67
4 % A. FINO CHANCADO EN PESO DE LA MEZCLA	36.10	36.10	36.10	35.91	35.91	35.91	35.72	35.72	35.72	35.53	35.53	35.53	35.34	35.34	35.34
5 % A. FINO NATURAL EN PESO DE LA MEZCLA	17.10	17.10	17.10	17.01	17.01	17.01	16.92	16.92	16.92	16.83	16.83	16.83	16.74	16.74	16.74
6 PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157	1.0157
7 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO GRUESO (10")	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541	2.541
8 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO GRUESO (3/8")	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591	2.591
9 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO FINO CHANCADO	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550
10 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO FINO NATURAL	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524	2.524
11 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE (g)	1175.1	1169.9	1168.7	1177.3	1180.0	1180.3	1183.6	1188.1	1184.3	1179.1	1174.1	1180.8	1174.4	1172.3	1176.9
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE SS (g)	1179.6	1174.2	1173.2	1180.3	1183.9	1187.0	1185.1	1190.7	1186.7	1180.3	1175.7	1182.0	1175.8	1173.9	1178.0
13 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (g)	659.4	656.8	655.4	665.9	669.6	643.6	674.8	676.7	674.9	675.0	672.9	676.3	672.7	671.7	674.3
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	520.2	517.4	517.8	514.4	514.3	513.4	510.3	514.0	511.8	505.3	502.8	505.7	503.1	502.2	503.7
15 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA	2.259	2.261	2.257	2.289	2.294	2.299	2.319	2.311	2.314	2.333	2.335	2.335	2.334	2.334	2.337
16 PESO UNITARIO DE LA BRIQUETA A 25°C (g/cm ³) - ASTM D 2728	2.252	2.254	2.250	2.282	2.287	2.292	2.312	2.304	2.307	2.326	2.328	2.328	2.327	2.327	2.330
17 PESO ESPECIFICO MÁXIMO -ASTM D 2041	2.462	2.462	2.462	2.446	2.446	2.446	2.428	2.428	2.428	2.410	2.410	2.410	2.393	2.393	2.393
18 % VACIOS - ASTM D 3003	8.3	8.2	8.3	6.4	6.2	6.0	4.5	4.8	4.7	3.2	3.1	3.1	2.5	2.5	2.3
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551
20 V.M.A. (%)	15.9	15.8	15.9	15.2	15.0	14.8	14.5	14.8	14.7	14.5	14.4	14.4	14.9	14.9	14.8
21 % VACIOS LLENADOS CON C.A.	47.8	48.1	47.8	57.9	58.7	59.5	69.0	67.6	68.0	77.9	78.5	78.5	83.2	83.2	84.5
22 PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.662	2.662	2.662	2.665	2.665	2.665	2.664	2.664	2.664	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665
23 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
24 % ASFALTO EFECTIVO	3.42	3.42	3.42	3.88	3.88	3.88	4.40	4.40	4.40	4.90	4.90	4.90	5.41	5.41	5.41
25 FLUJO (0.075) (g/gal)	11.8	11.8	11.8	12.8	11.8	12.8	13.8	12.8	12.8	13.8	13.8	13.8	14.8	14.8	14.8
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1327	1339	1390	1411	1475	1403	1475	1496	1517	1433	1475	1411	1390	1369	1373
27 FACTOR DE ESTABILIDAD (TABLA)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
28 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1327	1339	1390	1411	1475	1403	1475	1496	1517	1490	1534	1468	1446	1424	1428

OBSERVACIONES :
ASFALTO 120-150

Hector Huapaya R.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Fecha de Emisión : Lima, 06 de abril del 2018

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por datos, perjuicios o pérdidas ocasionados por el uso inadecuado de los productos.



EXPEDIENTE MAC
006-2018-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
 UBICACIÓN : MOQUEGUA
 SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA : 23-03-18

DETALLE DE LA MUESTRA

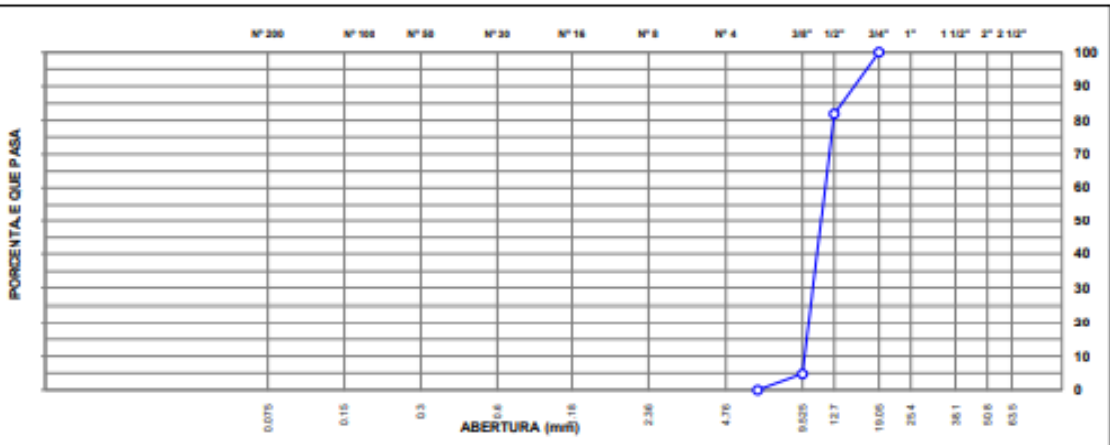
IDENTIFICACIÓN : CANTERA SANTA FORTUNATA
 DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA 3/8"

PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
 CANTIDAD : 40 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS		RET.	RET. PAR.	RET. AC.	PASA	ESPECIFICACIÓN
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	g	%	%	%	
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050				100.0	
1/2"	12.700	1664.0	18.2	18.2	81.8	
3/8"	9.525	7064.0	77.1	95.2	4.8	
1/4"	6.350	437.0	4.8	100.0	0.0	
# 4	4.750					
# 6	3.360					
# 8	2.380					
# 10	2.000					
# 16	1.190					
# 20	0.840					
# 30	0.590					
# 40	0.426					
# 50	0.297					
# 80	0.177					
# 100	0.149					
# 200	0.074					
< # 200	(ASTM C-117)					

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO	
P.E. MASA (ASTM C127)	: 2.541 g/cm3
P.E. SSS (ASTM C127)	: 2.593 g/cm3
P.E. APAR. (ASTM C127)	: 2.881 g/cm3
ABSORCION (ASTM C127)	: 2.0 %
Nota:	
El Ensayo de Partículas Chatas y Alargadas se realizó con el material retenido en la malla 3/8".	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Hector Huapaya N.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica



EXPEDIENTE MAC
006-2018-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
 UBICACIÓN : MOQUEGUA
 SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA : 23-03-18

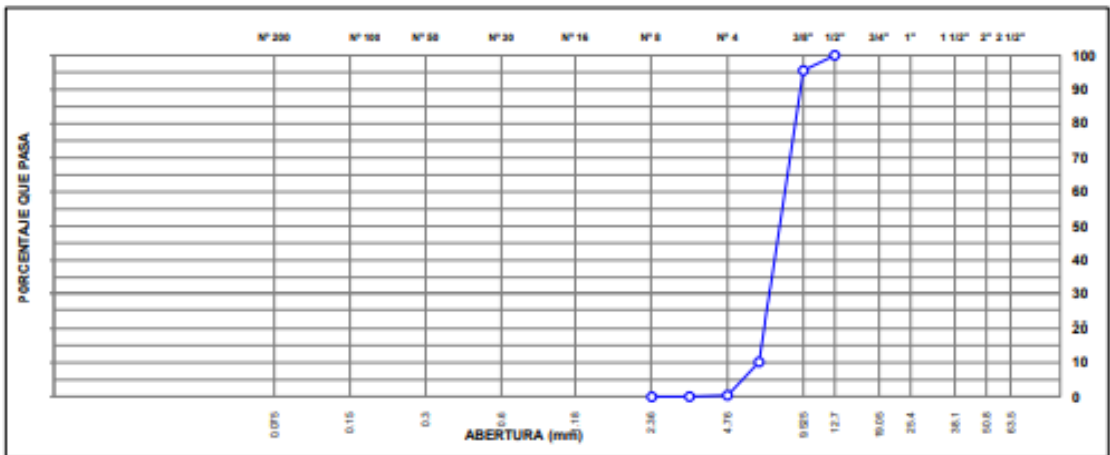
DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SANTA FORTUNATA
 DESCRIPCIÓN : PIEDRA CHANCADA 1/4" PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
CANTIDAD : 40 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	ESPECIFICACIÓN
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700				100.0	
3/8"	9.525	338.0	4.4	4.4	95.6	
1/4"	6.350	6528.0	85.4	89.8	10.2	
# 4	4.760	747.0	9.8	99.6	0.4	
# 6	3.360	28.0	0.4	99.9	0.1	
# 8	2.380	5.0	0.1	100.0	0.0	
# 10	2.000					
# 16	1.190					
# 20	0.840					
# 30	0.590					
# 40	0.426					
# 50	0.297					
# 80	0.177					
# 100	0.149					
# 200	0.074					
- # 200	(ASTM C 117)					

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO	
P.E. MASA (ASTM C127)	: 2.591 g/cm ³
P.E. SSS (ASTM C127)	: 2.603 g/cm ³
P.E. APAR. (ASTM C127)	: 2.695 g/cm ³
ABSORCIÓN (ASTM C127)	: 2.1 %

CURVA GRANULOMETRICA



Huapaya
Hector Huapaya N.
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica



EXPEDIENTE MAC
006-2018-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
 UBICACIÓN : MOQUEGUA
 SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA : 23-03-18

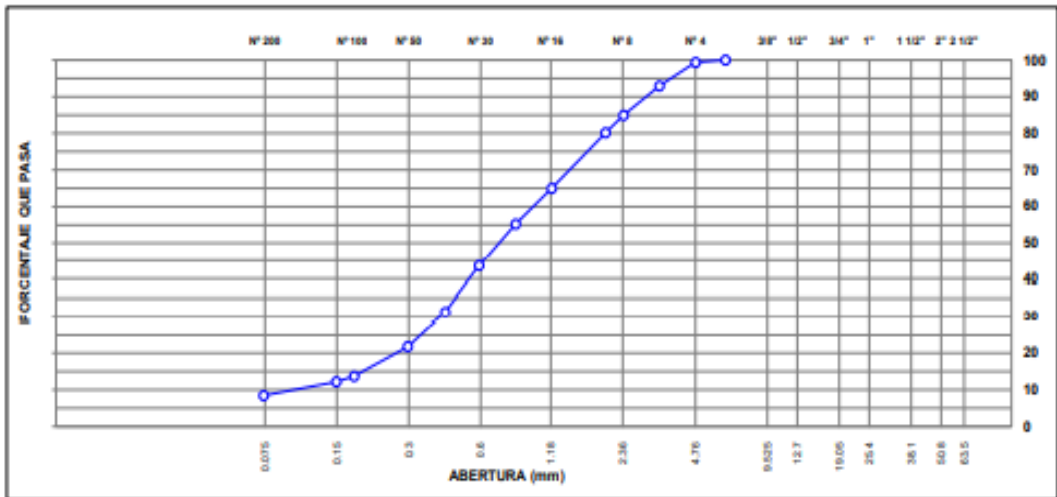
DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SANTA FORTUNATA
 DESCRIPCIÓN : ARENA GRUESA
 PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
 CANTIDAD : 40 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	ESPECIFICACIÓN
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350				100.0	
# 4	4.760	10.2	0.6	0.6	99.4	
# 6	3.360	101.9	6.4	7.1	93.0	
# 8	2.380	127.0	8.0	15.0	85.0	
# 10	2.000	76.4	4.8	19.9	80.2	
# 16	1.190	241.5	15.2	35.0	65.0	
# 20	0.840	154.5	9.7	44.8	55.2	
# 30	0.590	185.6	11.7	56.4	43.6	
# 40	0.426	195.4	12.3	68.7	31.3	
# 50	0.297	150.7	9.5	78.2	21.8	
# 80	0.177	128.4	8.1	86.3	13.7	
# 100	0.149	24.6	1.6	87.8	12.2	
# 200	0.074	59.8	3.8	91.6	8.4	
< # 200	(ASTM C-117)	134.0	8.4	100.0	0.0	

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO	
P.E. MASA (ASTM C127)	: 2.524 g/cm3
P.E. SSS (ASTM C127)	: 2.576 g/cm3
P.E. APAR. (ASTM C127)	: 2.662 g/cm3
ABSORCIÓN (ASTM C127)	: 2.1 %

CURVA GRANULOMÉTRICA



Hector Huapaya N.
Hector Huapaya N.
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica



EXPEDIENTE MAC
006-2018-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
 UBICACIÓN : MOQUEGUA
 SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA : 23-03-18

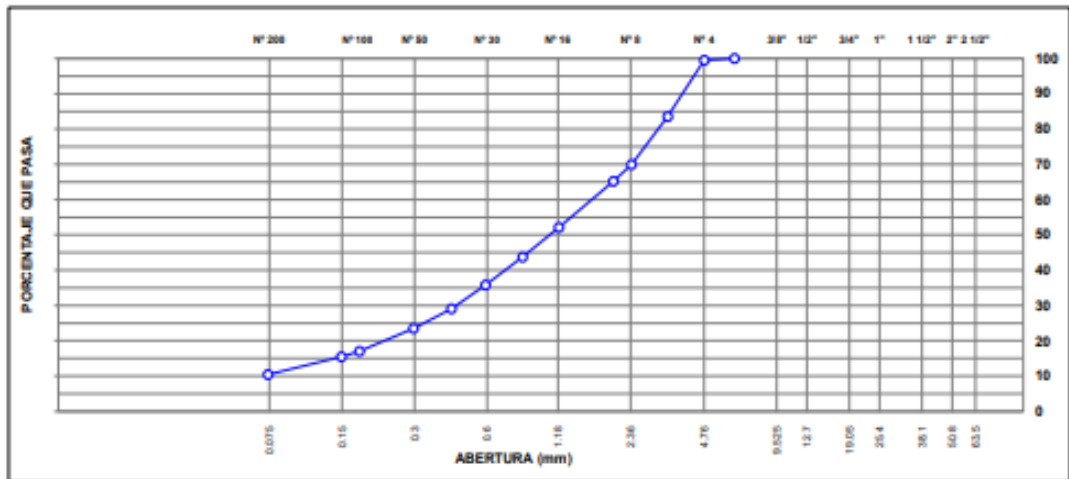
DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SANTA FORTUNATA
 DESCRIPCIÓN : ARENA CHANCADA
 PRESENTACIÓN : saco de polipropileno
 CANTIDAD : 40 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	ESPECIFICACIÓN
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350				100.0	
# 4	4.750	4.1	0.5	0.5	99.5	
# 6	3.350	130.1	14.0	14.6	83.6	
# 8	2.380	112.9	13.6	30.1	69.9	
# 10	2.000	38.9	4.7	34.8	65.2	
# 16	1.190	106.0	13.1	47.9	52.2	
# 20	0.840	69.5	8.4	56.3	43.8	
# 30	0.590	65.9	8.0	64.2	35.8	
# 40	0.425	55.8	6.7	71.0	29.1	
# 50	0.297	46.0	5.6	76.5	23.5	
# 60	0.177	53.5	6.5	83.0	17.0	
# 100	0.140	13.1	1.6	84.6	15.5	
# 200	0.074	41.4	5.0	89.6	10.5	
< # 200	(ASTM C-117)	86.5	10.5	100.0	0.0	

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO	
P.E. MASA (ASTM C127)	: 2.550 g/cm3
P.E. SSS (ASTM C127)	: 2.611 g/cm3
P.E. APAR. (ASTM C127)	: 2.705 g/cm3
ABSORCION (ASTM C127)	: 2.2 %

CURVA GRANULOMÉTRICA



Huapaya
Hector Huapaya N.
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica



INFORME DE DISEÑO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

PROYECTO : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
 UBICACIÓN : MOQUEGUA
 SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
 REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 FECHA : 23-03-18

DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : CANTERA SANTA FORTUNATA PRESENTACIÓN : sacos de polipropileno
 DESCRIPCIÓN : MEZCLA DE AGREGADOS CANTIDAD : 50 kg aprox. c/u

COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS GRUESO Y FINO					
MALLAS					
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	ESPECIFICACION ASTM D-3515 D5
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050			100.0	100 100
1/2"	12.700	4.5	4.5	95.5	90 100
3/8"	9.525	20.1	24.6	75.4	
1/4"	6.350	17.4	42.1	57.9	
# 4	4.750	2.2	44.2	55.8	44 74
# 6	3.350	7.3	51.5	48.5	
# 8	2.380	6.6	58.1	41.9	28 58
# 10	2.000	2.7	60.8	39.2	
# 16	1.190	7.7	68.5	31.5	
# 20	0.840	4.9	73.4	26.6	
# 30	0.590	5.1	78.6	21.4	
# 40	0.425	4.8	83.3	16.7	
# 50	0.297	3.8	87.1	12.9	5 21
# 60	0.177	3.9	91.1	8.9	
# 100	0.149	0.9	91.9	8.1	
# 200	0.074	2.6	94.5	5.5	2 10
< # 200	(ASTM C-117)	5.5	100.0	0.0	

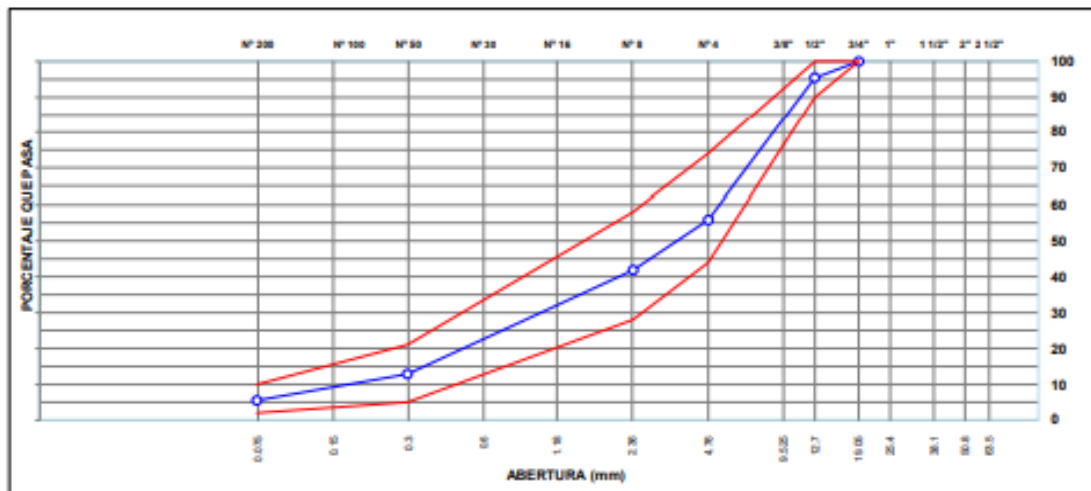
PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS

PIEDRA CHANCADA 3/8"	25.0 %
PIEDRA CHANCADA 1/4"	19.0 %
ARENA CHANCADA	38.0 %
ARENA GRUESA	18.0 %

ESPECIFICACIONES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ASTM D-3515 PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

CURVA GRANULOMÉTRICA



Hector Huapaya
 Hector Huapaya R.
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica



TDM ASFALTOS

ASFALTO SOLIDO PEN PLUS 120/150

GUIA TDM ASFALTOS :

CLIENTE:

AZIZE INGENIEROS SAC

REFERENCIAS

TANQUE:

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

LOTE DE PRODUCCIÓN:

CANTIDAD:

1 GALONES

FECHA DE PRODUCCIÓN:

ENSAYOS	METODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MINIMO	MAXIMO	
PENETRACION 5 s, 25 °C	D-5	dmm	120	150	139
PUNTO DE INFLAMACION	D-92	°C	218	-,-	288
GRAVEDAD ESPECIFICA 15.6/15.6°C	D-70		Reportar		1.016
DUCTILIDAD 5 cm/min, 25°C	D-113	cm	100	-,-	>105
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	D-2042	%	99	-,-	99.87
EFFECTO DE CALOR Y AIRE (PELICULA FINA)	D-1754		MINIMO	MAXIMO	
PERDIDA POR CALENTAMIENTO	D-1754	%	-,-	1.3	0.180
PENETRACION RETENIDA % original	D-5		42	-,-	64
DUCTILIDAD 5 cm/min, 25°C	D-113	cm	100	-,-	>105
INDICE DE PENETRACION			-1	1	-0.3
FLUIDEZ					
VISCOSIDAD CINEMATICA 100°C	D-2170	cSt	Reportar		1767
VISCOSIDAD CINEMATICA 135°C	D-2170	cSt	140	-,-	233
ADHERENCIA	D-3625		MINIMO	MAXIMO	
REVESTIMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	D-3625	%	> 95	-,-	> 95

OBSERVACIONES:

La muestra de asfalto cumple especificaciones de calidad

(*) OTRO METODO

Original: Cliente
Copia 1: Area Técnica
Copia 2: Producción
Copia 3: Laboratorio

Hector Huapaya R.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

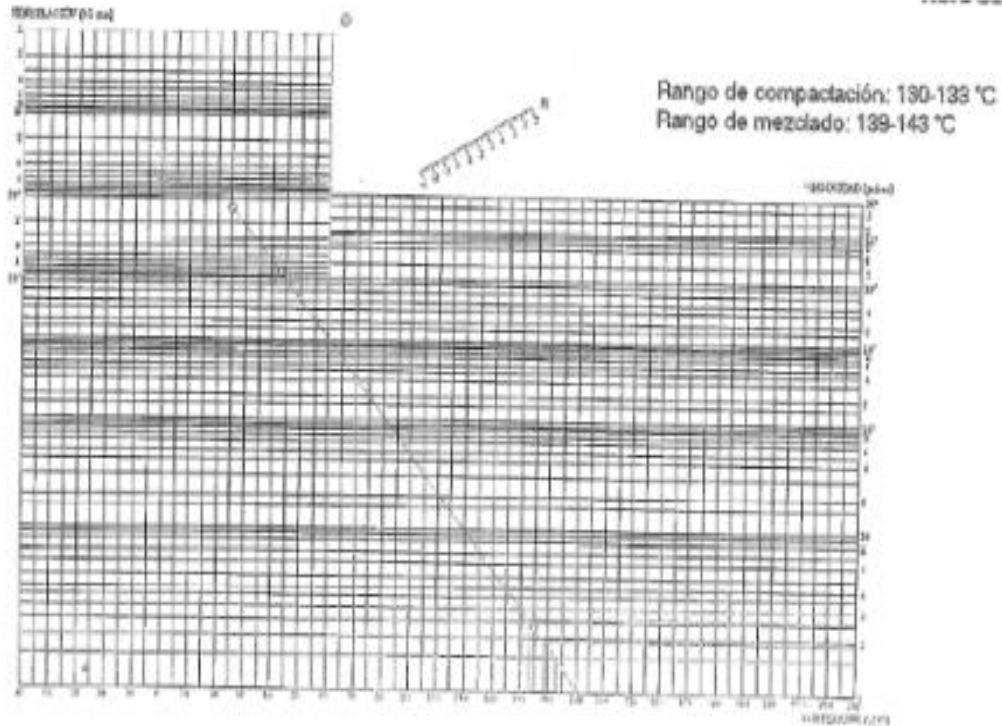


Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin
Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

GRÁFICO DE TEMPERATURAS DE MEZCLA Y COMPACTACIÓN

PRODUCTO: PEN PLUS 120/150

FECHA: 06/04/2018



Original: Cliente
Copia 1: Area Técnica
Copia 2: Produccion
Copia 3: Laboratorio

Hector Huapaya N.
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica



REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO
PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS
AASHTO T - 324

PROYECTO : INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE
SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS S.A.C.
REFERENCIA : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DISEÑO 006-2018-LAB TDM ASFALTOS
FECHA : 11.04.18

DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO	: CANTERA SANTA FORTUNATA	TIPO DE COMPACTACIÓN	: COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER	: ----	PORCENTAJE DE VACÍOS	: 6.4 %
ASFALTO	: ASFALTO PEN 120/150 + 0.5% ADHESOL 10000	CONTENIDO DE ASFALTO	: 6.30 %
DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA	: 2417 Kg/m3		

DATOS INICIALES DE LA PRUEBA

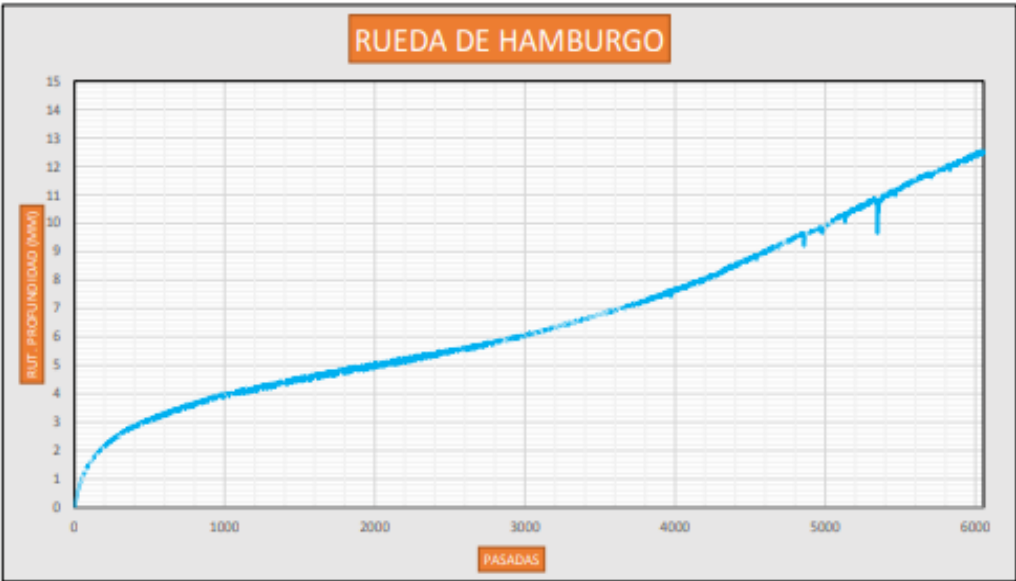
PRUEBA	: 87	TEMPERATURA DE ENSAYO	: 50 °C
TIPO DE MUESTRA	: Doble Núcleos	NÚMERO MAX. PASADAS	: 20000 pasadas
NOMBRE DE LA MUESTRA	: ----	PROFUNDIDAD MÁXIMA	: 12.5 mm
DIÁMETRO	: 150.0 mm	VELOCIDAD DE LA RUEDA	: 52 pasadas / min
ESPESOR	: 60.0 mm	OPERADOR	: G.V.

RESULTADOS FINALES

PROFUNDIDAD FINAL (mm)	: 12.50 mm
TIPO DE MEDIO TÉRMICO	: AGUA
FEEDBACK UTILIZADO	: EN EL TANQUE
TEMPERATURA MÁXIMA	: 50.4 °C
TEMPERATURA MÍNIMA	: 49.5 °C
PASADAS	: 6054

OBSERVACIONES

- ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.
- LA PRUEBA SE DETUVO AUTOMÁTICAMENTE EN LAS 6054 PASADAS DE LA RUEDA.
- LA CONDICIÓN DE PROFUNDIDAD MÁXIMA DE AHUELLAMIENTO FUE ALCANZADA.



Guillermo Vera B.
Guillermo Vera B.
LABORANTISTA

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica



Anexo 9: Prediseño de la base granular estabilizada con emulsión asfáltica



EXPEDIENTE E. S.
008-2018-LAB TDM ASFALTOS

**INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
(RESUMEN)**

SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
 PROYECTO : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
 UBICACIÓN : MOQUEGUA
 REFERENCIA : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFALTICA
 FECHA DE REDACCIÓN : 18.11.18

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

COMBINACIÓN DE AGREGADOS

CANtera SANTA FORTUNATA : 100%
 CEMENTO : 0.2%

2.- LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de emulsión asfáltica : EMULTEC CSS-1h
 % optimo de emulsión asfáltica : 3.3
 % optimo de asfalto residual : 2.0

3.- AGUA

% de humedad natural : 1.0
 % de agua en la emulsión : 1.3
 % de agua de pre- mezcla : 4.0
 % de agua total en la mezcla : 6.3
 % de agua de compactación : 5.3

4.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

		75		
Nº DE GOLPES				
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (% EN PESO DE LOS AGREGADOS)	3.0	3.3	3.6	
ASFALTO RESIDUAL (% EN PESO DE LOS AGREGADOS)	1.8	2.0	2.2	
DENSIDAD SECA BULK (g/cm3)	2.156	2.155	2.152	
ESTABILIDAD MODIFICADA SECA (kg), (22.2 °C)	1057.3	1056.3	1041.0	
ESTABILIDAD MODIFICADA HÚMEDA (kg), (22.2 °C)	1095.0	1105.5	1110.2	
CAMBIO DE ESTABILIDAD (%)	44.1	43.5	42.8	
VACÍOS TOTALES (%)	17.1	16.9	16.8	
HUMEDAD ABSORBIDA (%)	7.1	6.9	6.8	
REVESTIMIENTO (%)	--	90.0	--	

5.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

Temperatura de agregados : 25.0 °C
 Temperatura de emulsión asfáltica : 25.0 °C

6.- OBSERVACIONES :

- (1) Estabilidad Marshall ensayadas a una temperatura de 22.2 °C (Ref: Manual asphalt institute MS-14).
- (2) Agregados muestreado por los intercados.
- (3) Porcentajes de materiales expresado en peso de los agregados.
- (4) Para validar este diseño se debera realizar los ensayos faltantes al material (Durabilidad, Abrasión y Impureza Orgánica).
- (5) Las condiciones de diseño y evaluación de material fueron realizadas en condiciones de laboratorio. Se debe tomar tomar en cuenta, que durante la aplicación en campo se puede requerir algunos ajustes al diseño.

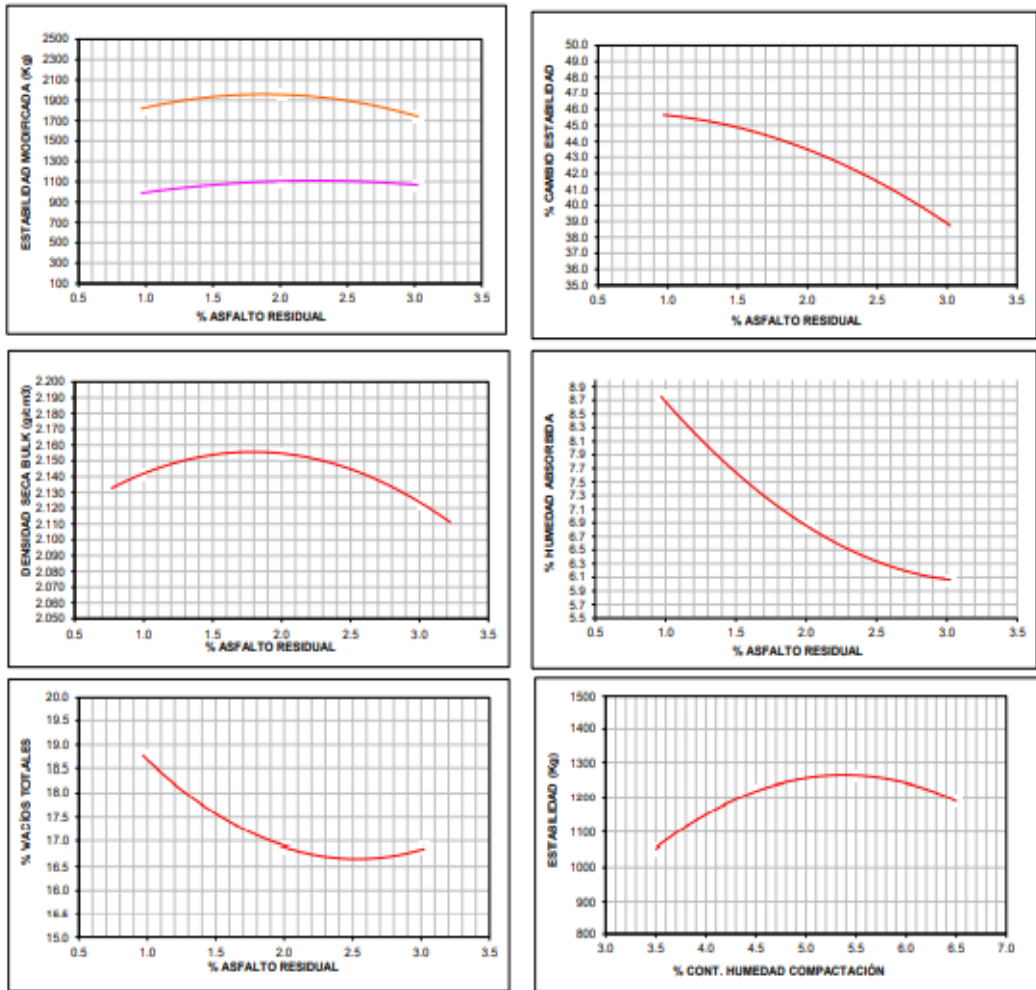
Hector Huapaya
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica



INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
(GRÁFICOS)

SOLICITANTE : : AZIZE INGENIEROS SAC
PROYECTO : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
UBICACIÓN : MOQUEGUA
REFERENCIA : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFALTICA
FECHA DE RECEPCIÓN : 18-3-18



Observaciones

Hector Huapaya
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica



EXPEDIENTE E. S.
008-2018-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO

SOLICITANTE : : AZIZE INGENIEROS SAC
 PROYECTO : : INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJIC
 UBICACIÓN : : MOQUEGUA
 REFERENCIA : : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFALTICA
 FECHA DE RECEPCIÓN : : 18-3-18

**DISEÑO TENTATIVO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
 MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
 (HOJA DE CALCULO)**

EMULSIÓN		AGREGADO
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación : CANTERA SANTA FORTUNATA
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.5	Descripción : AGREGADO GLOBAL
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01	PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
Asfalto residual en la mezcla (A) (%)	2.0	G. Es. Aparente (°C) : 2.677 g/cm3

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Agua total en la mezcla (%)	
Agua de adición a la mezcla (g)	
Agua de compactación (%)	5.3

DESCRIPCIÓN	SECO			SATURADO		
	1	2	3	4	5	6
DENSIDAD BULK						
1 Peso de la probeta en aire (D)	1097.7	1098.6				
2 Peso de la probeta en agua (E)	603.7	602.8				
3 Peso de la probeta SSD (F)	1103.5	1105.3				
4 Volumen por desplazamiento	499.8	502.5				
5 Densidad Bulk (G)	2.190	2.180				
6 Densidad Seca Bulk	2.159	2.150	2.155			

Estabilidad (22.2 °C)						
1 Estabilidad (Kg-f)	1849	1912		1276	1297	
2 Factor de corrección	1.04	1.04		0.86	0.86	
3 Estabilidad corregida (Kg-f)	1923	1989		1097	1115	

Contenido de humedad						
1 Peso de la muestra húmeda(H)	1103.5	1105.3		1184.3	1171.5	
2 Peso de la muestra seca (I)	1079.2	1080.3		1092.5	1080.6	
3 Tara (J)						
4 Contenido de humedad (K)	1.7	1.7		8.6	8.6	
5 Humedad absorbida (%)					-6.8	

Características						
1 Máximo total de vacíos (%)	16.7	17.1				
2 vacíos de aire (%)	13.0	13.4				
3 V. M. A. (%)	20.9	21.3				
4 % pérdida de estabilidad		43.4				

Hector Huapaya
 Laboratorista

Wendy Herencia
 Jefe del Area Técnica



EXPEDIENTE E. S.
008-2018-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO

SOLICITANTE : : AZIZE INGENIEROS SAC
 PROYECTO : : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
 UBICACIÓN : : MOQUEGUA
 REFERENCIA : : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFALTICA
 FECHA DE RECEPCIÓN : : 18-3-18

DISEÑO TENTATIVO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
(HOJA DE CALCULO)

EMULSIÓN		AGREGADO
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación : CANTERA SANTA FORTUNATA
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.5	Descripción : AGREGADO GLOBAL
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01	PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
Asfalto residual en la mezcla (A)(%)	3.0	G. Es. Aparente (°C) : 2.677 g/cm3

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Agua total en la mezcla (%)	
Agua de adición a la mezcla (g)	
Agua de compactación (%)	5.3

DESCRIPCIÓN	SECO			SATURADO		
	1	2	3	4	5	6
DENSIDAD BULK						
1 Peso de la probeta en aire (D)	1122.1	1113.6				
2 Peso de la probeta en agua (E)	607.4	601.0				
3 Peso de la probeta SSD (F)	1126.8	1118.8				
4 Volumen por desplazamiento	519.4	517.8				
5 Densidad Bulk (G)	2.160	2.151				
6 Densidad Seca Bulk	2.126	2.119	2.123			

Estabilidad (22.2 °C)						
1 Estabilidad (Kg-f)	1679	1806		1276	1297	
2 Factor de corrección	1.00	1.00		0.83	0.83	
3 Estabilidad corregida (Kg-f)	1679	1806		1059	1076	

Contenido de humedad						
1 Peso de la muestra húmeda(H)	1126.8	1116.8		1181.8	1179.8	
2 Peso de la muestra seca (I)	1104.5	1097.1		1099.3	1096.9	
3 Tara (J)						
4 Contenido de humedad (K)	1.6	1.5		7.7	7.6	
5 Humedad absorbida (%)					-6.1	

Características						
1 Máximo total de vacíos (%)	16.7	17.0				
2 vacíos de aire (%)	13.3	13.6				
3 V. M. A. (%)	22.9	23.2				
4 % pérdida de estabilidad		38.7				

Hector Huapaya
Laboratorista

Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica



EXPEDIENTE E.S.
008-2018-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE DISEÑO

SOLICITANTE : AZIZE INGENIEROS SAC
 PROYECTO : "INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON GARITA VILLA CUAJONE"
 UBICACIÓN : MOQUEGUA
 REFERENCIA : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFALTICA
 FECHA : 18-3-18

REFERENCIA DE LA MUESTRA

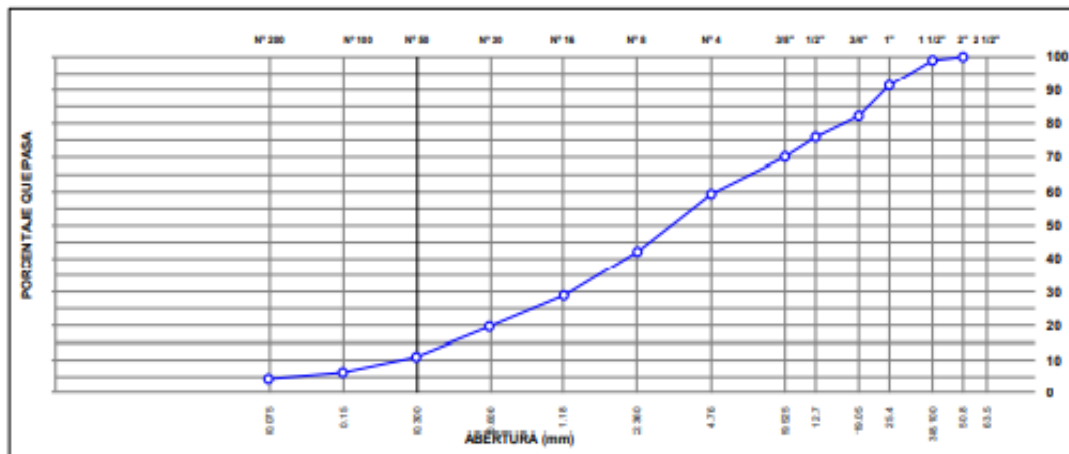
IDENTIFICACION : CANTERA SANTA FORTUNATA
 DESCRIPCION : MATERIAL GLOBAL

PRESENTACION : 02 Sacos de polipropileno
 CANTIDAD : 50 kg. Aprox. clu

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM D-422)					
MALLAS					
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				100.0
1 1/2"	38.100	945.0	1.0	1.0	99.0
1"	25.400	4784.0	7.6	8.7	91.3
3/4"	19.050	5776.0	9.2	17.9	82.1
1/2"	12.700	3891.0	6.2	24.1	75.9
3/8"	9.525	3623.0	5.8	29.9	70.1
1/4"	6.350				
# 4	4.750	6804.0	10.9	40.7	59.3
# 6	3.350				
# 8	2.380	287.0	17.2	57.9	42.1
# 10	2.000				
# 16	1.190	222.0	13.3	71.2	28.8
# 20	0.840				
# 30	0.590	154.0	9.2	80.4	19.8
# 40	0.425				
# 50	0.297	145.0	8.7	89.1	10.9
# 80	0.177				
# 100	0.149	77.0	4.6	93.7	6.3
# 200	0.074	31.0	1.9	95.5	4.5
< # 200	(ASTM C-117)	74.9	4.5	100.0	0.0

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO	
PESO DE PIEDRA	: 25523.0 g
PESO DE ARENA HUMEDA	: 37895.0 g
PESO DE ARENA SECA	: 37137.9 g
PESO TOTAL DE AGREGADO	: 62660.9 g
FRACCION HUMEDA	: 1005.8 g
FRACCION SECA	: 990.9 g
CONTENIDO DE HUMEDAD	
PESO DE TARA + MUESTRA HUMEDA	: 611.3 g
PESO DE TARA + MUESTRA SECA	: 604.6 g
PESO DE TARA	: 163.3 g
CONTENIDO DE HUMEDAD	: 1.50 %
PORCENTAJE DE PIEDRA Y ARENA	
PORCENTAJE DE PIEDRA	: 40.7 %
PORCENTAJE DE ARENA	: 59.3 %
OTROS ENSAYOS	
LIMITE LIQUIDO	: NP
LIMITE PLASTICO	: NP
INDICE DE PLASTICIDAD	: NP

CURVA GRANULOMÉTRICA



Huapaya
Hector Huapaya
Laboratorista

Wendy Herencia
Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica



EMULTEC CSS-1H

EMULSIÓN CATIONICA DE RUPTURA LENTA

GUIA TDM ASFALTOS : _____
CLIENTE: : AZIZE INGENIEROS SAC _____

REFERENCIAS: EXPEDIENTE ES. 008- 2018 - LAB TDM ASFALTOS _____
TANQUE: _____ CINTILLO DE SEGURIDAD N°: _____
LOTE DE PRODUCCIÓN: _____
CANTIDAD: 01 GALON _____
FECHA DE PRODUCCIÓN: 27/03/2018 _____

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	D 7496	ssf	20	100	32
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO, 24 horas	D 6930	%	--	1	0.7
DESTILACIÓN	D 6997	--			
- CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL	D 6997	%	57	--	60.5
- CONTENIDO DE DISOLVENTES	D 6997	%	--	--	0
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	--	0.1	0.00
MEZCLA CON CEMENTO	D 6935	%	--	2	0
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	40	90	58
DUCTILIDAD, 25°C, 5 cm/min	D 113	cm	40	--	124.3
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	D 2042	%	97.5	--	99.68


OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones ASTM D 2397-13
Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada
PE: 1.00

Original: Cliente
Copia 1: Área Técnica
Copia 2: Laboratorio

Hector Huapaya
Laboratorista

Ing. Wendy Herencia Peña
Jefe del Área Técnica

Anexo 10: Pavimento Flexible, Hoja de cálculo de diseño pavimentos Metodo MTC y AASHTO 93 (1er tramo)

Job 52-1571	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, Sucursal del Perú Ingeniería para Construcción de Carpeta Asfáltica desde la Binacional con Garita Villa Cuajone			
Co 5600009433	INFORME FINAL			
AZ1703.100.IS-01	Revisión 0	Fecha: 18 junio 2018	Página 55 de 90	

8.2 Pavimento Flexible

8.2.1 1er Tramo

8.2.1.1 Pavimento flexible

HOJA DE CALCULO DISEÑO PAVIMENTOS METODO MTC Y AASHTO-93

Datos de Diseño

Periodo de diseño (años)	20
Año Inicial ADT	2017
Apertura al tráfico	2018
Primer Periodo del Factor de Crecimiento	2038
Factor de Distribución Direccional (D)	0.5
Factor de distribución por carril (L)	1
Confiabilidad (R)	0.90
Desviación estandar normal (Zr)	-1.28
Serviciabilidad Inicial (pi)	4.00
Serviciabilidad final (pf)	2.50

Capa	CBR (%)	E (Mr) psi	Coefficiente estructural	Coefficiente de drenaje
Mezcla Asfáltica en Caliente (HMA)	-	420,000	0.42	-
Base estabilizada con emulsión	-	240,000	0.25	1.00
Sub base granular existente	40	17,000	0.12	1.00
Sub rasante	7.9	9,669	0.00	-

Tráfico de Diseño	6.09E+08
Número estructural requerido	4.36

Estructura Planteada

Capa	Espesor (pulg)	Coef. De capa (1/pulg)	Coef. Drenaje	SN
Mezcla Asfáltica en Caliente	4.0	0.42	-	1.65
Base estabilizada con emulsión	10.0	0.25	1.0	2.46
Sub Base granular existente	6.0	0.12	1.0	0.71
Total				4.82
Chequeo				Cumple

Anexo 11: Pavimento Flexible, Hoja de cálculo de diseño pavimentos Metodo MTC y AASHTO 93 (2dor tramo)

Job 52-1571	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, Sucursal del Perú Ingeniería para Construcción de Carpeta Asfáltica desde la Binacional con Garita Villa Cujone			
Co 5600009433	INFORME FINAL			
AZ1703.100.IS-01	Revisión 0	Fecha: 18 junio 2018	Página 57 de 90	


8.2.2 2do Tramo

8.2.2.1 Pavimento Flexible

HOJA DE CALCULO DISEÑO PAVIMENTOS METODO MTC Y AASHTO-93

Datos de Diseño				
Periodo de diseño (años)		20		
Año Inicial ADT		2017		
Apertura al tráfico		2018		
Primer Periodo del Factor de Crecimiento		2038		
Factor de Distribución Direccional (D)		0.5		
Factor de distribución por carril (L)		1		
Confiabilidad (R)		0.90		
Desviacion estandar normal (Zr)		-1.28		
Serviciabilidad Inicial (pi)		4.00		
Serviciabilidad final (pt)		2.50		
Capa	CBR (%)	E (Mr) psi	Coefficiente estructural	Coefficiente de drenaje
Mezcla Asfáltica en Caliente (HMA)		420,000	0.42	-
Base estabilizada con emulsión	-	201,909	0.23	1.00
Sub base granular existente	40	17,000	0.12	1.00
Sub rasante	16.0	14,726	0.00	-
Tráfico de Diseño		6.09E+06		
Número estructural requerido		3.72		
Estructura Planteada				
Capa	Espesor (pulg)	Coef. De capa (1/pulg)	Coef. Drenaje	SN
Mezcla asfáltica en caliente	4.0	0.42	-	1.65
Capa de base estabilizada con emulsión	8.0	0.25	1.0	1.97
Capa de Sub Base granular existente	6.0	0.12	1.0	0.71
Total				4.33
Chequeo				Cumple

Anexo 12: Temperaturas Máximas y Mínimas, Datos Meteorológicos del Senamhi

Job 52-1571	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, Sucursal del Perú Ingeniería para Construcción de Carpeta Asfáltica desde la Binacional con Garita Villa Cujone			
Co 560009433	INFORME FINAL			
AZ1703.100.IS-01	Revisión 0	Fecha: 18 junio 2018	Página 83 de 90	

8.4 Estación Meteorológica Moquegua

TEMPERATURAS MÍNIMAS

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
T. MIN. 2009	11.1	12.2	11.1	10.0	6.8	5.9	5.0	6.8	5.6	9.4	9.6	9.3
T. MIN. 2010	11.2	12.6	11.3	8.9	7.4	6.1	2.6	7.3	7.3	8.1	8.4	9.1
T. MIN. 2011	9.9	12.5	10.3	10.4	6.8	6.1	5.9	3.3	5.3	6.8	8.9	10.1
T. MIN. 2012	10.3	11.6	11.6	8.6	7.7	4.1	4.9	2.8	4.4	4.8	9.0	9.7
T. MIN. 2013	9.9	10.4	10.0	5.9	7.9	6.5	7.2	5.0	6.4	7.4	5.8	10.6

TEMPERATURAS MÁXIMAS

**DATOS METEOROLÓGICOS DEL SENAMHI
AÑO 2009**

ESTACION: Moquegua
 PARAMETRO: Temperatura Máxima
 DEPARTAMENTO: MOQUEGUA
 PROVINCIA: MOQUEGUA
 DISTRITO: MARISCAL NIETO

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	24	28.2	28.6	27.9	25.6	26.8	24.4	27.9	27.5	28.8	27.7	28.1
2	27.6	27.8	29.7	26.6	24.9	28.6	25.5	28.2	27.1	29.6	25.6	28.8
3	28.3	27.6	28.4	26.5	25	28.2	27.1	27.6	27.6	29.1	24.6	29.3
4	28	27.6	27.3	26.8	23.9	28.4	26.9	27.9	31	28.8	25.1	28
5	27.9	27.5	25.8	26.7	25.8	29	25.7	28.6	29.3	29.1	26	27.1
6	28.4	27.1	27.8	26.9	25	26.1	24.8	25.8	30.3	29	25.4	27.2
7	28.2	25.1	27.1	27	24.6	26.2	26.4	24	30.2	29.2	25.1	27.6
8	28.4	24.8	28.3	27	26.2	26.9	27.9	21.6	27.1	29.3	25.3	27.1
9	27.3	27.8	28.2	26.6	27.3	27.3	27.9	25.3	23.4	29.6	29.9	25.4
10	27.2	27.6	25.5	26.9	27.4	27.1	26.4	27.8	24.8	28.6	29.2	26.2
11	26.9	26.8	27.4	28.3	27.2	25.9	27.5	29.3	26.6	26.7	27.1	26.2
12	25.2	25.8	26.8	26.4	26.1	27.8	24.5	28	27.6	26.9	27	26.9
13	27.2	26.4	26.8	26.3	26.4	27.5	27.1	28.2	28.1	28.1	27.4	28.5
14	27.1	26.6	28.5	27.8	27.6	27.3	27.2	29.5	28.6	27.6	23.1	28.2
15	27.8	26.5	28.5	26.6	25.8	24.4	27.2	24.5	26.1	25.6	28.6	28.9
16	26.8	27	28.6	27.9	26.5	24.1	27.1	26.6	25.4	27.2	27.4	29.2
17	26.6	26	27.8	27.1	24.8	26.8	28.1	26.3	26.5	26.1	29.7	28.1
18	25.1	24.5	23.8	26.7	26	27	26.6	26.9	28.2	26.1	29.6	27.6
19	27.1	27.2	26.2	28.1	26.4	25.8	26.6	26.2	27.6	26.8	27.1	27.2
20	27.8	25	26.2	26.5	27.4	28.4	23.3	26.8	27.4	25.8	29.9	25.4
21	27.7	27.2	26.3	27	30.6	26.1	23.2	26.2	26.9	27.2	30.5	24.3
22	28.3	26.8	25.2	26	27.8	24	20.6	24.1	27.1	27.7	30.2	26.6
23	27.6	26.2	26.9	25.9	29.3	23.4	21.3	25.2	28.2	26.8	29.8	27.7
24	26.7	26.9	25.7	26.7	28.9	26.8	26.9	27.2	29.1	28.2	29.2	26.8
25	26.8	27.6	26.5	25.7	26.4	28.3	26.6	27.1	29.4	28.6	29.6	23.8
26	26.2	26.4	25.9	26.4	25.3	28.4	25	29.2	28.4	28.4	29	25.2
27	26	27	25.8	26	24.6	27.3	26.4	30.3	28.6	28.4	28.6	26.1
28	27.9	28.2	25.8	27	21.4	24.7	28.8	30.1	27.3	28.3	26.6	28.7
29	26.7		27.7	25.7	17.4	27.1	28.1	27.6	30.2	29.1	26.8	28.3
30	27.3		26.8	25.3	24.3	23.6	29.3	27.6	28.7	29.1	28.8	26.9
31	26.7		27.3	26.1			27.3	26.6		25.4		27.6
Promedio de los 7 días consecutivos más calientes del año								29.74	Desviación estándar			0.5

Job 52-1571	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, Sucursal del Perú Ingeniería para Construcción de Carpeta Asfáltica desde la Binacional con Garita Villa Cujone			
Co 5600009433	INFORME FINAL			
AZ1703.100.IS-01	Revisión 0	Fecha: 18 junio 2018	Página 84 de 90	

**DATOS METEOROLOGICOS DEL SENAMHI
AÑO 2010**

ESTACION Moquegua
PARAMETRO Temperatura Máxima

DEPARTAMENTO MOQUEGUA
PROVINCIA MOQUEGUA
DISTRITO MARISCAL NIETO

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	27.9	28.1	27.2	26.8	21.8	27.1	27.2	27.2	19.6	23.8	27.1	26.2
2	26.1	28.2	27.7	26.5	27.6	26.5	28.6	28.1	21.2	23.7	26.6	25.6
3	27.2	27.2	28.5	27.2	27.2	24.8	27.6	26.8	22.5	25.3	27.6	25.4
4	27.2	28.3	29.6	29.6	27	26.6	25	26.6	26.4	27.7	27.4	25.2
5	26.8	26.2	30.2	28.6	25.2	27.2	26.9	27.1	27.9	27.2	26.8	25.9
6	25.4	28.7	29.1	28.6	26.1	28.6	23.8	26.5	27.6	26.1	27.1	27.2
7	27.8	27.6	28.4	27.6	27.2	29.6	34.5	30.1	27.7	26.1	28.1	26.3
8	28.1	32.2	28.4	28	27.8	26.6	26	28.9	30.4	27.0	26.4	28.8
9	24.4	26.6	28.5	26.8	28.9	27.4	27.1	27.6	25.7	27.4	26.9	25.4
10	26.8	24.3	27.2	27.4	30.2	27	27.1	25.9	26.3	28.7	27.3	26.3
11	27.2	27.3	28.2	27.2	27.9	27.2	26.6	26.8	25.6	27.6	24.9	26.1
12	26.6	28.2	29.7	27.8	27.8	28.6	25.2	28.2	24.5	27.3	26.6	25
13	26.1	27.9	28.9	26.9	27.2	27.6	25	27	25.3	26.9	26.2	24.5
14	27.4	28.8	27.3	27.8	26.1	25.9	25.9	28.4	28.6	26.9	25.9	25.6
15	28.5	28.6	27.2	28.6	22.9	25.8	24.8	28.3	29.7	26	25.9	27.2
16	29.2	26.4	27.5	27.6	20.2	25.2	24.2	28.2	27.2	26.4	26.3	27.2
17	26.6	27.2	26.9	27.6	26.8	25.8	23.9	26.6	27.4	27.9	26.2	25.9
18	26.9	29.7	27.5	27.8	30	25	24.6	26.6	27.6	27.6	21.2	26.6
19	28.1	28.8	27.9	26.3	26.7	26.7	25.4	27.4	28.2	26.5	26.5	25.6
20	28.6	28.9	28.6	27.2	28.8	25.4	23.7	27.1	27.1	25.8	25.4	26
21	28.8	25.6	27.2	25.2	27.2	24.3	23.8	27.8	27.4	26.7	26.4	23.7
22	28.8	24.8	25.1	29.5	24.2	28.4	22	28.2	27.2	27.4	25.8	24.9
23	29	26.1	27.6	26.8	19.9	27.8	24.4	29.6	27.4	27.2	25.8	26.6
24	29.6	27.7	27.2	27.8	22.8	27.8	24.2	28.1	27.2	26.9	25.2	25.9
25	28.9	26.7	27.5	26.3	26.6	27.6	23.4	26.2	27.9	26.2	25.4	25.6
26	29.6	26.7	27.5	26.3	27.1	25.1	27.1	25.8	27.5	26.6	25.9	27.9
27	27.4	27.9	26.3	26.1	26.5	20.9	28	26.1	26.3	26.6	25.3	26.3
28	27.3	29.8	28.1	26.8	26	20.7	26	25.2	25.8	25.6	25.5	26.2
29	27.6		28	24.4	26.4	25.1	26.4	27.1	26.8	24.9	25.1	27
30	26.7		29.7	21.4	26.7	27.7	29.8	26.8	27.6	25.9	27.1	25.7
31	27.4		26.4		27.6		24.2	24.9		27.6		27
Promedio de los 7 días consecutivos más calientes del año							27.53		Desviación estándar		0.5	

Job 52-1571	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, Sucursal del Perú Ingeniería para Construcción de Carpeta Asfáltica desde la Binacional con Garita Villa Cujone			
Co 5600009433	INFORME FINAL			
AZ1703.100.IS-01	Revisión 0	Fecha: 18 junio 2018	Página 86 de 90	

**DATOS METEOROLOGICOS DEL SENAMHI
AÑO 2012**

ESTACION	Moquegua	DEPARTAMENTO	MOQUEGUA
PARAMETRO	Temperatura Máxima	PROVINCIA	MOQUEGUA
		DISTRITO	MARISCAL NIETO

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	27.9	27.1	27.4	28.6	27.7	28.1	22.6	27.7	27.7	29.2	27.4	28.4
2	27.6	27	27.9	28.9	26.2	27.9	26.1	25.9	29.2	29.2	29.2	27.7
3	28.1	26.1	29	28.4	28.4	27.9	22.8	26.2	30	27.3	29.2	26.3
4	26.1	26.6	28.2	27.9	29.3	26.1	20.9	28.4	27.8	27.8	28	26.5
5	22.4	26.3	28.6	28.4	28.9	26.2	20.8	28.6	28.1	26.9	28.6	26.7
6	26.6	25.8	26.6	28.3	27.6	28.2	25.4	25.3	26.4	27	28.4	27.8
7	26.1	25.8	29.2	27.7	27.7	28.6	26.2	25	25.2	25.4	26.2	27.6
8	27.1	25.6	30.1	27.7	25.4	28.1	27.7	27.1	28.2	26.6	26.4	24.6
9	25.9	28.4	28.6	22.6	26.6	29.2	28.5	27.8	28.2	27.1	27.2	27.9
10	27.4	26.3	28.1	25.4	26.1	30.7	27.9	27.6	27.4	29.5	28.9	29.2
11	25.1	28.1	27.1	24.4	26	32	27.8	26.6	28.4	27.7	28.2	27.2
12	21.4	23.6	25.4	25.2	23.1	28.9	28.5	26	28.6	27.4	28	26.4
13	27.4	27.2	28.1	27.5	23.7	27.9	28.1	23.9	28.4	27.1	28.6	26.2
14	29.1	27.2	29.3	26.3	25.7	28.9	24.2	27.3	30.4	27.4	29.4	27.2
15	29.3	25.3	30.1	26	26.2	29.8	24.8	28.9	30.6	28.2	28.4	26.8
16	27.6	25.9	30.1	27.1	27.8	28.8	26.6	25.9	30	28.8	28.2	26
17	25.6	24.9	29.1	27.2	25.5	24.5	28.5	27.6	29.8	18.3	28.4	26.4
18	26	22.9	28.8	27.3	26.8	25.9	29.1	26.7	29.8	28.2	28	26.3
19	26.9	24.6	25.8	25.1	26.4	23.2	28.9	27.4	29.8	28.6	27.8	26
20	26.6	26.4	28.1	26.9	26.2	22	28.2	29.5	29.8	27.2	27.8	26.2
21	27.3	28.1	28.0	27.5	20.8	25.4	27.5	28.4	29.8	25.0	28	28.1
22	26.8	27.3	28.1	27.2	28.3	27.1	28.2	26.1	30.2	27	28	27.2
23	26.9	27.7	28.2	27.4	28.7	29.4	26.8	23.2	30.2	28.6	28.2	27.5
24	26.3	27.4	27	27	29.9	28	28.2	22.6	29.8	28	28	27.6
25	26	27.6	27.4	24.3	28.9	28.9	27.4	24.6	28	28.4	27.8	27.4
26	25.9	27.8	27.7	26.3	29.9	26.6	27.4	28.4	27.8	29	28.4	26.3
27	24.1	27.1	27.4	-99.9	28.1	27.4	28	28.8	26.4	29.6	28.8	26.6
28	26.2	27.8	28.1	25.7	28.9	25.4	28.6	30.9	29	30.2	26.5	29
29	27.6	25.9	28.8	26.3	30.9	25.1	28.4	29.2	29	28	25.8	28.8
30	28.6	23.9	26	30.1	24.6	28.6	30.7	29.2	27	28.2	29.2	29.2
31	26.8		30.1		29.9		26.6	28		26.2		29.3
Promedio de los 7 días consecutivos más calientes del año								30.03	Desviación estándar			0.3

Job 52-1571	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, Sucursal del Perú Ingeniería para Construcción de Carpeta Asfáltica desde la Binacional con Garita Villa Cuajone			
Co 5600009433	INFORME FINAL			
AZ1703.100.IS-01	Revisión 0	Fecha: 18 junio 2018	Página 85 de 90	

**DATOS METEOROLOGICOS DEL SENAMHI
AÑO 2011**

ESTACION Moquegua
PARAMETRO Temperatura Máxima

DEPARTAMENTO MOQUEGUA
PROVINCIA MOQUEGUA
DISTRITO MARISCAL NIETO

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	26.8	25.7	28.4	26.2	26.4	26.8	24.4	24.7	28.4	28.3	27.9	27.9
2	26.1	27.2	26.6	26.9	27	27.3	23.6	24.1	28.1	28.4	28.2	26.6
3	25.8	26.4	27.2	27.3	30.1	25.7	24.9	27.2	26.9	28.8	27.8	26.6
4	25.5	27.3	26.6	27.6	27.9	25.9	26.2	29.5	23.5	28.7	27.9	25.7
5	25.5	27.1	26	27	25.3	27.5	25.6	29.3	26.2	26.6	29.2	25.6
6	26.1	23.8	26.6	26.3	27.7	25.8	25.2	29.4	26.8	25.7	29.5	26.3
7	25.8	23.6	26.4	26.1	28.8	27.3	23.9	29.2	25.2	26.1	27.4	27
8	27	23.3	26.9	26.3	28.7	26.1	25.1	29.2	24	26.6	26.2	26.7
9	27.1	25.8	28.2	27.8	30.1	27.4	28.2	28.9	25.6	26.9	26.3	25.7
10	28.3	27.1	28.7	27.3	27.2	28.9	29.1	28.4	27.8	27.3	27.6	25.3
11	27.2	26.9	27.5	24.8	29.4	28.5	26.9	28	28.2	26.6	28.2	25.6
12	26.8	28.2	26.8	25.2	28.8	28.3	29.2	27.5	30.1	23.5	27.2	26.1
13	27	27.3	26.3	26.5	27.8	27.4	24.4	26.3	30.4	25.7	27.6	25.8
14	27.7	25.8	27.7	26.2	27.2	28.3	24	25	28.6	23.3	25.8	23.4
15	28.1	25.8	27.4	26.1	27.6	27	23.3	28.4	29.3	24.4	25.1	25.8
16	27.3	27.6	26.2	26.4	27	27.2	24	25	26.8	24.6	27.5	25.3
17	27.1	25.6	26.6	27.6	26.8	27.4	25.1	26.3	27.9	25.1	28	26.3
18	27.3	24	27	27.9	25.8	25.6	26.9	25.6	27.1	26.4	25.8	27.2
19	26.9	26.8	26.8	27.6	24.4	27.4	29.1	25.6	28.4	26.4	26.8	27
20	26.6	28.2	27.3	26.6	25.6	27.5	25.2	25.9	29.3	26.7	25.9	26.8
21	26.7	28.5	26.6	26.3	26.3	27.4	26.8	26.5	28.6	26.8	27.6	27.3
22	27.3	28.3	25.8	25.8	26.3	26.5	29.2	24.7	28.4	24.9	27.3	26.8
23	27.9	26.6	26.4	24.4	25.6	24.9	29.2	27.2	27.6	25.9	26.1	26.6
24	27.9	27.6	25.5	25.5	26.6	24.1	28.8	27.2	29.1	28	26.4	27.7
25	28.4	26	27.2	28.1	27.5	26.4	26.4	27.9	30.2	27.1	27.1	25.8
26	26.6	27.6	27.8	27.4	28.9	26.8	27.2	29.6	29.8	23.8	25.1	26.3
27	26.6	27.8	27.1	27.2	27.8	25.1	27.7	27.1	28.6	26.2	26.3	28.3
28	26.6	27.8	28.2	26.7	26.1	18.7	25.6	28	28.2	26.8	26.8	28.3
29	24.1		28.3	26.4	28.9	22.7	24.9	26.8	28.8	27.8	26.6	25.6
30	25.1		27.5	26.5	28.2	23	22.4	28.7	27.4	27.9	27.1	25.6
31	24.6		27.1	27.1	28.8		24.4	29.6		28.7		24.2
Promedio de los 7 días consecutivos más calientes del año								29.13	Desviación estándar			0.4

Job 52-1571	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, Sucursal del Perú Ingeniería para Construcción de Carpeta Asfáltica desde la Binacional con Garita Villa Cujone			
Co 5600009433	INFORME FINAL			
AZ1703.100.IS-01	Revisión 0	Fecha: 18 junio 2018	Página 87 de 90	

**DATOS METEOROLOGICOS DEL SENAMHI
AÑO 2013**

ESTACION PARAMETRO	Moquegua Temperatura Máxima												DEPARTAMENTO PROVINCIA DISTRITO	MOQUEGUA MOQUEGUA MARISCAL NIETO
Dia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
1	28.2	27.4	28	26.4	27.2	27.1	26.3	24.2	29	26.8	25.6	25.9		
2	28.6	27.9	28	27	27.8	27.6	26.4	25.6	28.6	26.5	25.6	25.3		
3	27	26.8	28.2	27.8	28.2	29.6	26.3	26	30.9	25.7	25.7	27.7		
4	27.2	23	28.7	27.2	27.6	28.8	25.8	26	30.9	28.5	27.5	28		
5	27.8	27.1	28.2	27.6	27.6	27	26	29.2	29.5	29.3	29.6	26.9		
6	28.2	24.8	28.2	27	25.6	27.2	28	28.8	30.4	27.7	26.9	27.6		
7	28.2	29.2	28.6	26.4	26.6	26.2	27	28	31.2	28.6	26.2	25.8		
8	29.6	29.3	28.8	27.6	28.4	25.8	27.5	27.8	29.3	29.2	26.4	27.4		
9	30.5	25.8	30.2	26.6	27.2	29.6	27	23.2	28.6	27.4	26.3	26.4		
10	30	23.1	30.9	26.6	25.4	28.8	27	25	28	26.4	26.5	26.7		
11	29.4	27.3	30.4	26.2	24.5	27.2	26.6	27	28.2	27.6	28.2	26.6		
12	24.4	27.8	28.6	28.2	24	25.3	24.8	27.6	26	27	29.8	27.2		
13	27.6	27.9	27.6	29.8	25.3	24.4	24.8	25.6	27.8	27	29.2	27.2		
14	26	28.6	27.9	29.7	26	26.8	26	28.2	28.2	25.2	29.2	26.5		
15	26.6	28.8	28.6	29.6	27	28.8	29.2	27.9	27.8	28.3	29.3	27.5		
16	27.1	28.6	28	29.3	25.8	27.6	29.4	28.9	25.5	28.6	29.6	28.1		
17	27.6	27.3	27.2	30.2	23.4	27.2	27.6	29.8	28.2	29.4	28	27.5		
18	28.4	26.6	28.4	29.3	22.8	27.1	26.7	27.6	28.4	28.6	27.3	27.4		
19	30.2	26.2	28.8	28	27.4	19.4	27.2	27.4	27	28.3	26.6	25.6		
20	28.6	26	28.7	27.6	28.6	27	27.5	26.4	28.2	27.2	27.2	26.6		
21	28.8	28.7	27.8	27.6	26.8	26.7	26.2	28.4	28.2	27.5	25	27		
22	27.6	25.2	27.2	26.4	25.2	27.5	22	28	28.3	27.5	27.2	27.5		
23	27.4	27.5	27.2	26.4	25	27.6	25.2	27	29.4	27.6	27.6	27		
24	29	28.9	27	27.8	26.2	28.3	30	20.7	31.4	26.4	25	26.9		
25	27.4	27.6	28.4	28.2	26.8	26.4	27.2	21	28.6	27.9	26	24.2		
26	28.2	28.7	28.8	26.2	26.8	27.6	27.2	24.4	27.4	29.7	26.2	27.6		
27	28.6	28.2	28.7	24.6	25	27.6	28.4	28.3	27.6	28.6	26	28.4		
28	28.4	29.4	28	24.6	26	27.6	28.7	26.6	28.4	28.6	26.2	29.7		
29	28.2		28	26.2	26	29.4	29	27.8	27.6	29	25.3	29.2		
30	27.4		27.7	27.2	25.9	29.2	27.5	29	27.1	28	25.8	27		
31	28		27.2		25.2		23	29		26.6		27.2		
Promedio de los 7 días consecutivos más calientes del año								30.11	Desviación estándar				1.0	

Anexo 13: Carta de Autorización.



Carta N° 001-2021

Lima, 11 de Marzo del 2021

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Se hace de conocimiento que los tesisistas Paolo Márquez y Alex Agulla se les ha brindado el Expediente técnico INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DESDE LA BINACIONAL CON LA GARITA VILLA CUAJONE para su uso en la tesis "Análisis de estabilización con emulsión asfáltica y con cemento portland para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento" con fines de realizar su diseño del pavimento más óptimo.

Sin otro en particular, nos suscribimos.

Atentamente,

AZIZE INGENIEROS S.A.C.


NANCY VELAZQUEZ SIME
REPRESENTANTE LEGAL
ALTERNO I

Calle Corot 147
San Borja - Lima 15037 - Perú
Teléf. : (51) 345-9115
Email: azize.ingenieros@gmail.com