

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE
MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CAL HIDRATADA
Y EL POLVO DE LADRILLO UTILIZADO COMO
RELLENO MINERAL EN LAS PROPIEDADES DE UNA
MEZCLA ASFÁLTICA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

IORELLA LIZETH VALERA NUÑEZ

Chiclayo, 27 de febrero del 2018

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CAL HIDRATADA Y
EL POLVO DE LADRILLO UTILIZADO COMO
RELLENO MINERAL EN LAS PROPIEDADES DE UNA
MEZCLA ASFÁLTICA**

POR:

FIGURELLA LIZETH VALERA NUÑEZ

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

**Ing. Ángel Lorren Palomino
PRESIDENTE**

**Ing. Eduardo Larrea Wong
SECRETARIO**

**Ing. Aníbal Díaz Orrego
ASESOR**

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este proyecto de tesis a Dios por ser mi guía y mi fortaleza en todo momento.

A mis padres, Cesar A. Valera Pasapera y Elsa Nuñez de Valera, por su apoyo constante, consejos, pero sobre todo su amor y paciencia. Son quienes me han enseñado valores, principios y a ser una persona perseverante para conseguir mis objetivos.

Y a mis hermanas mayores, Diana M. Pérez Nuñez y Cinthya R. Valera Nuñez, por ser mi ejemplo a seguir y apoyarme en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por hacer posible la culminación de mi carrera profesional.

A mis padres por haber puesto su confianza y apoyo en mí, haciendo su mayor esfuerzo para darme todo lo necesario.

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo que me dio la oportunidad de pertenecer a su centro de estudios y ser una profesional.

A mi asesor de tesis, Ing. Aníbal Díaz Orrego por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia y su motivación ha logrado que pueda culminar con este proyecto con éxito.

A mis amigos que están a mi lado y me han dado su apoyo incondicional en todo el proceso.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases Teórico-Científicas	5
2.2.1. Funciones de un pavimento	5
2.2.2. Mezcla asfáltica	5
2.2.2.1. Clasificación de las mezclas asfálticas	6
2.2.2.2. Propiedades de las mezclas asfálticas	7
2.2.2.3. Métodos para determinar asfalto optimo	12
2.2.3. Materiales pétreos	14
2.2.3.1. Importancia del agregado en una mezcla asfáltica	14
2.2.3.2 Definición	15
2.2.3.3 Tipos de agregados	15
2.2.3.4 Clasificación y producción de agregados	15
2.2.3.4.1 Agregados naturales:	15
2.2.3.4.2 Agregados procesados:	16
2.2.3.4.3 Agregados sintéticos:	16
2.2.3.5 Normativa	17
2.2.4. Relleno mineral o filler	18
2.2.4.1. Características del Filler	19
2.2.4.2. Interacción filler – asfalto	20
2.2.4.3. Tipos de filler	21
2.2.4.4. Polvo de ladrillo como filler o relleno mineral	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Diseño de investigación	27
3.1.1. Tipo de investigación	27
3.1.2. Hipótesis	27
3.1.3. Diseño de contrastación de Hipótesis	27
3.1.4. Variables	27
3.1.5. Población y muestra	27
3.1.6. Métodos y técnicas de recolección de datos	27
3.1.6.1. Fases realizadas para el desarrollo de la investigación	27
3.1.6.2. Ensayos realizados para el desarrollo de la investigación	30
3.1.7. Técnicas de procesamiento de datos	61

IV. RESULTADOS	63
4.1. Muestras de agregados de la planta “ASFALPACA”	63
4.2. Ensayos realizados al agregado grueso	64
4.3. Ensayos realizados al agregado fino (Arena Chancada y Zarandeada)	72
4.4. Ensayos para el relleno mineral o filler	80
4.5. Diseño de mezcla Asfáltica por el Método de Marshall	81
4.6. Galería fotográfica de la elaboración de briquetas y ensayo Marshall (Laboratorio de Suelos y Pavimentos S.A.C)	90
4.7. Resultados Marshall de briquetas elaboradas con polvo de ladrillo	93
4.8. Galería fotográfica de la elaboración de briquetas y ensayo Marshall (Laboratorio USAT)	100
4.9. Resultados Marshall de briquetas elaboradas con polvo de ladrillo de ladrilleras Sol del Norte, Lambayeque y residuos ubicados en diferentes puntos (Salida a Pimentel, Salida a Pomalca y Salida a Monsefú)	102
4.10. Galería fotográfica de la Elaboración de briquetas de diferentes ladrilleras y zonas de recojo de residuos	107
4.11. Pruebas Preliminares	108
4.11.1. Determinación de las propiedades de los agregados minerales	108
4.11.2. Determinación del óptimo porcentaje de Asfalto por el diseño Marshall	109
4.12. Diseño de mezcla asfáltica por el método de Marshall – Utilizando como relleno mineral polvo de ladrillo	111
V. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	121
5.1. Datos Generales	121
5.2. Resumen	121
5.3. Generalidades	121
5.3.1. Objetivos	121
5.3.1.1. Objetivo General	121
5.3.1.2. Objetivos específicos	122
5.3.2. Alcances	122
5.3.3. Antecedentes	122
5.3.4. Marco Legal y Administrativo	122
5.4. Línea Base Ambiental	122
5.4.1. Aspectos generales	123
5.4.1.1. Ubicación geográfica	123
5.4.2 Aspecto físico	123
5.4.2.1. Climatología	123
5.4.2.2. Geología	123
5.4.2.3. Suelo, capacidad de uso mayor y zonificación	124

5.4.3. Ambiente Biológico	124
5.4.3.1. Flora	124
5.4.3.2. Fauna.....	124
5.4.4. Calidad Ambiental	124
5.4.4.1. Calidad del aire.....	124
5.4.4.2. Calidad del suelo.....	124
5.4.4.3. Calidad del ruido.....	125
5.5. Identificación y evaluación de impactos ambientales	125
5.5.1. Descripción de los principales impactos por etapas del proyecto	128
5.6. Plan de Manejo Ambiental (PMA)	128
5.6.1. Programa de medidas preventivas, mitigadoras y correctivas	129
5.6.1.1. Subprograma de manejo de los residuos sólidos	129
5.6.1.2. Subprograma de protección de los recursos naturales	129
5.6.1.3. Subprograma de salud local	129
5.6.2. Programa de Monitoreo Ambiental.....	130
5.6.3. Programa de Asuntos Sociales	130
5.6.3.1. Subprograma de Contratación de Mano de Obra Local.....	130
5.6.3.2. Subprograma de Participación Ciudadana	130
5.6.4. Programa de Educación Ambiental.....	130
5.6.5. Programa de cierre de obra.....	130
5.7. Conclusiones	131
VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA	132
VII. DISCUSIÓN.....	134
VIII. CONCLUSIONES	137
IX. RECOMENDACIONES	137
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	138
ANEXOS	139

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento.....	8
Tabla N° 2. Causas y efectos de una poca durabilidad	9
Tabla N° 3. Causas y efectos de la Permeabilidad.....	10
Tabla N° 4. Causas y Efectos de problemas en Trabajabilidad.....	11
Tabla N° 5. Requerimientos para los agregados	17
Tabla N° 6. Requerimiento para los agregados finos.....	18
Tabla N° 7. Gradación de mezcla asfáltica en caliente	18
Tabla N° 8. Requerimientos para el Método Marshall.....	34
Tabla N° 9. Carga Abrasiva según la Granulometría.....	36
Tabla N° 10. Granulometría del A.G para ensayo	37
Tabla N° 11. Peso de la muestra según tamaño máximo nominal	39
Tabla N° 12. Requerimiento para caras fracturadas.....	40
Tabla N° 13. Tamices utilizados para agregado grueso.....	42
Tabla N° 14. Requerimiento del equivalente de arena.....	46
Tabla N° 15. Angularidad del agregado fino	48
Tabla N° 16. Tamices utilizados para el agregado fino.....	53
Tabla N° 17. Análisis Granulométrico del agregado grueso	65
Tabla N° 18. Abrasión de los Ángeles del Agregado grueso.....	66
Tabla N° 19. Peso específico del agregado grueso	67
Tabla N° 20. Determinación de caras fracturadas del agregado grueso	68
Tabla N° 21. Porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso	69
Tabla N° 22. Contenido de Sales solubles del agregado grueso	70
Tabla N° 23. Durabilidad del agregado grueso	71
Tabla N° 24. Análisis Granulométrico del agregado fino	72
Tabla N° 25. Equivalente de arena del agregado fino.....	73
Tabla N° 26. Gravedad específica y absorción del agregado fino.....	74
Tabla N° 27. Angularidad del agregado fino	75
Tabla N° 28. Límites de consistencia del material pasante de la malla N° 40	76
Tabla N° 29. Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos	77
Tabla N° 30. Índice de durabilidad del agregado fino	78
Tabla N° 31. Contenido de sales solubles del agregado fino.....	79
Tabla N° 32. Límites de consistencia material pasante de la malla N° 200.....	80
Tabla N° 33. Análisis granulométrico de los agregados.....	81
Tabla N° 34. Dosificación de concreto asfáltico 4.5%.....	83
Tabla N° 35. Dosificación de concreto asfáltico 5%.....	84
Tabla N° 36. Dosificación de concreto asfáltico 5.5%.....	85
Tabla N° 37. Dosificación de concreto asfáltico 6%.....	86
Tabla N° 38. Dosificación de concreto asfáltico 6.5%.....	87
Tabla N° 39. Presentación gráfica del diseño asfáltico con Cal	88
Tabla N° 40. Gravedad específica de mezcla bituminosa	89
Tabla N° 41. Dosificación de C.A con 80% Cal - 20% Polvo de ladrillo.....	93
Tabla N° 42. Dosificación de C.A con 60% Cal -40% Polvo de ladrillo.....	94
Tabla N° 43. Dosificación de C.A con 50% Cal -50% Polvo de ladrillo.....	95
Tabla N° 44. Dosificación de C.A con 40% Cal - 60% Polvo de ladrillo.....	96
Tabla N° 45. Dosificación de C.A con 20% Cal - 80% Polvo de ladrillo.....	97
Tabla N° 46. Dosificación de C.A con 100% Polvo de ladrillo	98

Tabla N° 47. Gráficas de las briquetas con cal y polvo de ladrillo	99
Tabla N° 48. Dosificación de C.A con residuos de carretera Pomalca	103
Tabla N° 49. Dosificación de C.A con residuos de salida Monsefú	104
Tabla N° 50. Dosificación de C.A con residuos de Cerámicos Sol del Norte	105
Tabla N° 51. Dosificación de C.A con residuos de Cerámicos Lambayeque	106
Tabla N° 52. Resumen de las propiedades del agregado grueso	108
Tabla N° 53. Resumen de las propiedades del agregado fino.....	109
Tabla N° 54. Resumen de las propiedades del filler	109
Tabla N° 55. Combinación física y teórica de agregados para la mezcla asfáltica ASTM D - 3515.....	110
Tabla N° 56. Porcentajes de los materiales para la mezcla	110
Tabla N° 57. Resumen de las propiedades de la Mezcla Asfáltica, diseño ASTM D 3515	110
Tabla N° 58. Dosificación de concreto asfáltico 4.5% - con ladrillo	112
Tabla N° 59. Dosificación de concreto asfáltico 5.0% - con ladrillo	113
Tabla N° 60. Dosificación de concreto asfáltico 5.5% - con ladrillo	114
Tabla N° 61. Dosificación de concreto asfáltico 6.0% - con ladrillo	115
Tabla N° 62. Dosificación de concreto asfáltico 6.5% - con ladrillo	116
Tabla N° 63. Presentación gráfica del diseño asfáltico con polvo de ladrillo.....	117
Tabla N° 64. Resultados obtenidos del ensayo Cántabro de desgaste para mezcla asfáltica y gráfico.....	118
Tabla N° 65. Resultados obtenidos del ensayo de Adhesividad en seco y tras inmersión térmica.....	119
Tabla N° 66. Resultados del ensayo de Susceptibilidad térmica y grafico	120
Tabla N° 67. Geología en Chiclayo	123
Tabla N° 68. Cobertura de recolección de residuos Sólidos	124
Tabla N° 69. Nivel de ruido promedio (Dba)	125
Tabla N° 70. Costo de obtención del ladrillo pulverizado	132
Tabla N° 71. Especificaciones de la EG -2013 para Mezclas asfálticas	134
Tabla N° 72. Resumen de los resultados obtenidos con diferente relación cal - ladrillo ..	135
Tabla N° 73. Resumen de los resultados obtenidos de diferentes zonas de muestreo	135

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Esquema de interacción Asfalto - Filler	21
Figura N° 2. Tamizado del agregado grueso.....	35
Figura N° 3. Máquina de los Ángeles	37
Figura N° 4. Abrasión del Agregado Grueso en la Máquina de los Ángeles	37
Figura N° 5. Material después del proceso de abrasión.....	38
Figura N° 6. Material en sulfato de sodio.....	43
Figura N° 7. Material en sulfato de sodio en el horno.....	43
Figura N° 8. Tamices para la granulometría de finos.....	44
Figura N° 9. Material tamizado y balanza	44
Figura N° 10. Instrumentos de equivalente de arena.....	46
Figura N° 11. Peso del material para ensayo	47
Figura N° 12. Peso del Agregado fino en la fiola	48
Figura N° 13. Angularidad de finos	49
Figura N° 14. Muestras y cilindro de volumen conocido.....	49
Figura N° 15. Copa Casa Grande para límite líquido.....	50
Figura N° 16. Límite Plástico	50
Figura N° 17. Adhesividad de los ligantes bituminosos	51
Figura N° 18. Sales para el Agregado fino	53
Figura N° 19. Material fino para ensayo.....	54
Figura N° 20. Material fino en sulfato de sodio.....	54
Figura N° 21. Material pasante de malla #200 para ensayo.....	56
Figura N° 22. Máquina de los Ángeles utilizada para ensayo de desgaste.....	59
Figura N° 23. Briqueta antes - después del ensayo.....	59
Figura N° 24. Baño María para briquetas de asfalto a 60 °C	60
Figura N° 25. Horno para secado de briquetas a 25 °C.....	61
Figura N° 26. Piedra chancada de ¾" TMN 1/2"	63
Figura N° 27. Arena chancada 1/4"	63
Figura N° 28. Arena Zarandeada 3/8"	64
Figura N° 29. PEN 60/70.....	64
Figura N° 30. Material pesado para elaboración de briquetas	90
Figura N° 31. Medición de la temperatura de la mezcla (140 °C)	90
Figura N° 32. Moldes de briquetas	91
Figura N° 33. Gata para separar la briqueta del molde	91
Figura N° 34. Peso seco de briquetas.....	91
Figura N° 35. Peso saturado de briquetas.....	92
Figura N° 36. Baño María de las briquetas, previo ensayo	92
Figura N° 37. Ensayo en la máquina de Marshall.....	92
Figura N° 38. Material para elaboración de briquetas.....	100
Figura N° 39. PEN 60/70, moldes, y agregados en horno	100
Figura N° 40. Balanza, hornilla eléctrica y mezcla de asfalto	101
Figura N° 41. Medición de la temperatura de la mezcla	101
Figura N° 42. Elaboración de briquetas.....	101
Figura N° 43. Baño María de las briquetas	102
Figura N° 44. Briqueta en Marshall	102
Figura N° 45. Briquetas elaboradas con polvo de ladrillo.....	107
Figura N° 46. Briquetas en baño maría, previas a la rotura en MARSHALL	107

Figura N° 47. Dial para lectura de estabilidad y de flujo	107
Figura N° 48. Peso de molde y medición de la temperatura para ensayo RICE	108
Figura N° 49. Ensayo RICE	108

RESUMEN

En la presente investigación se plantea el uso del polvo de ladrillo para ser usado como material de relleno o filler en una mezcla asfáltica reemplazando a la cal hidratada que es de uso convencional por las plantas de asfalto, siendo este polvo de ladrillo procedente de los Residuos de Construcción y Demolición de la ciudad de Chiclayo y sus alrededores. De esta manera podemos lograr reducir la polución causada por estos residuos encontrándoles una utilidad. En la primera etapa de la investigación comparó los resultados obtenidos en un diseño de mezcla convencional, trabajando con el óptimo contenido de cemento asfáltico, y elaborando briquetas variando la relación de filler (cal – polvo de ladrillo) con porcentajes de 80% cal – 20% polvo de ladrillo, 60% cal – 40% polvo de ladrillo hasta llegar al 100% de ladrillo.

Palabras claves: Relleno mineral, Mezcla asfálticas, cal, ladrillo

ABSTRACT

In the present investigation, the use of brick dust to be used as a filler or filler material in an asphalt mixture is proposed, replacing the hydrated lime that is conventionally used by the asphalt plants, this brick powder coming from the waste. of Construction and Demolition of the city of Chiclayo and its surroundings. In this way we can reduce the pollution caused by these residues, finding them useful. In the first stage of the research, he compared the results obtained in a conventional mixing design, working with the optimum content of asphalt cement, and making briquettes varying the filler ratio (lime - brick dust) with percentages of 80% cal - 20 % brick powder, 60% lime - 40% brick powder up to 100% brick.

Keywords: mineral filler, asphalt mix, lime, brick

I. INTRODUCCIÓN

El filler es un mineral no arcilloso que pasa el tamiz N° 200 y es incorporado a la mezcla con el fin de aumentar la estabilidad y disminuir el porcentaje de asfalto necesario para obtener un determinado porcentaje de vacíos en la mezcla. Una pequeña cantidad de llenante mineral puede reducir el contenido óptimo de asfalto. Debido que, la llenante mineral es un factor importante que afecta a la durabilidad, deberá ser controlado estrictamente en su cantidad y su calidad. (Facultad de Ciencias y Tecnología 2004, 260)

La elaboración de concreto asfáltico requiere de materiales granulares naturales, siendo necesarios para la extracción de estos la explotación de canteras, formando este acto parte de la contaminación del medio ambiente, pero cabe resaltar la cantidad de relleno mineral que requiere una mezcla es bajo, no es despreciable, mucho menos si se ve magnificado en la cantidad de llenante mineral que se requiera en una mezcla asfáltica para la realización de una carretera con gran extensión.

Una mezcla asfáltica actúa como una unidad en un pavimento, esta unidad deberá soportar las condiciones para la cual fue diseñada. Varios estudios demuestran la importancia de adicionar en las mezclas asfálticas el filler, para lo cual, se ha demostrado su eficacia y beneficio, solo que los parámetros que se utilizan hoy en día fueron determinados mediante pruebas en la década de los 90's y a la fecha se han realizado pocas investigaciones acerca del tema. En algunos países de América como México y Colombia si existen investigaciones sobre la influencia de algunos tipos de filler, como el cemento, la ceniza volante y el polvo de roca, pero de igual forma como en nuestro país esto no está establecido en su reglamento.

En Perú existen pocos estudios sobre las características que presenta cada tipo de filler, aun cuando la cal hidratada es la más usada por las empresas que fabrican asfalto, las propiedades que posee este material sobre la mezcla asfáltica no han sido estudiadas a fondo. El Manual de Carreteras EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones dice: “El filler es un material que se utiliza en las mezclas asfálticas, con la finalidad de complementar la granulometría de los agregados finos cuyas características no cumplen las especificaciones técnicas correspondientes”.

Otra problemática que no existe solo a nivel local, si no a nivel mundial es la gestión de Residuos de Construcción y Demolición; ya que el sector de la construcción genera RCD, de naturaleza fundamentalmente inorgánica, procedentes de obras de excavación, nueva construcción, reparación, remodelación, rehabilitación y demolición. Los datos de producción de los RCD en los últimos 10 años han experimentado un crecimiento muy significativo y aunque el residuo es en su mayor parte inerte, su volumen es similar al de los residuos urbanos.

Estos residuos tienen un bajo potencial contaminante, pero se depositan generalmente de manera incontrolada, dando lugar a importantes impactos negativos, tanto desde el punto de vista ecológico como paisajístico, y conducen a una situación caracterizada por la proliferación de multitud de espacios y áreas degradadas. (Plan de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición depositados en espacios públicos y de obras menores, 2013). A pesar de la existencia de un plan sobre la gestión de estos residuos este no viene siendo puesto en práctica por lo que los residuos siguen en aumento generando un

problema no solo visual si no de contaminación del aire, de suelos e incluso problemas de inundación (tomando como ejemplo los residuos arrojados en las acequias, ríos y desagües) (Anexo 2.1)

Esta investigación se realizó con la finalidad de demostrar que el filler o relleno mineral, componente de la mezcla asfáltica, si influye en diversos factores de la misma. Así mismo como varían según el tipo de material que se utilice, además de generar conciencia y demostrar que los RCD si pueden tener otros usos, evitando así los impactos negativos que producen.

Por todo lo anteriormente mencionado se vio la necesidad de considerar una evaluación del efecto de una mezcla asfáltica convencional con Cal hidratada y una con polvo de ladrillo proveniente de material reciclado, fomentado a su vez numerosas interrogantes entre las que se resaltan:

¿Qué efecto tiene la cal hidratada y polvo de ladrillo en las propiedades de una mezcla asfáltica? Y ¿Puede el polvo de ladrillo ser empleado como relleno mineral en el diseño de una mezcla asfáltica?

El objetivo general planteado fue evaluar el efecto que tienen la cal hidratada y el polvo de ladrillo, al ser utilizados como relleno mineral en una mezcla asfáltica en caliente, realizando los cálculos para el diseño de mezcla a través del método de Marshall.

Los objetivos específicos que se han considerado son

- Realizar los ensayos a los agregados y cemento asfáltico, componentes de una mezcla asfáltica y cumplimiento de los parámetros expuestos en la norma.
- Comprobar que el relleno mineral usado en diferentes proporciones si tiene efecto sobre las propiedades de una mezcla asfáltica.
- Verificar si la utilización de polvo de ladrillo como relleno mineral afecta el porcentaje de cemento asfáltico en comparación a una mezcla convencional, utilizando cal hidratada como filler.
- Utilizar diferentes tipos de filler, en este caso la cal hidratada y el polvo de ladrillo, en diferentes porcentajes según lo indicado en la EG-2013 para realizar un comparativo entre sus resultados.
- Demostrar que el polvo de ladrillo puede ser utilizado como relleno mineral en una mezcla asfáltica y que podría llegar arrojar resultados similares al de la cal hidrata.

En el **aspecto económico**, la reducción de la vida útil en vías es más notoria y con ello el aumento de los costos para su mantenimiento, esto se puede dar por diferentes razones como son: un mal diseño del pavimento, tanto de la mezcla como del espesar de la capa; también puede influir el clima, pero en primera instancia se puede ver afectado por la utilización de materiales de baja calidad y que no cumplen con los rangos de calidad establecidos en el Manual de Carreteras. Por ello se ha despertado el interés en realizar investigaciones para ver las causas de ello y buscar soluciones; además de generar puestos de trabajo para realizar el proceso de recolección, triturado, clasificación que forman parte del proceso de reutilización.

En el **aspecto ambiental**, en la actualidad existe una problemática con respecto a los residuos de construcción y demolición, debido a que estos no cuentan con un lugar de concentración y son arrojados en diferentes puntos de la ciudad contaminando

principalmente al suelo y el aire. Por ello al reciclar este tipo de desechos se reduce la contaminación por el proceso de elaboración del filler (Cal hidratada, cemento, etc.) y por los RCD, disminuyendo a su vez las emisiones de CO₂ a la capa de ozono y el consumo de energía.

En el **aspecto técnico**, resultó provechoso realizar este estudio, ya que los materiales a ser analizados son muy accesibles, y a través de los resultados se demostró el efecto del filler sobre las propiedades de una mezcla asfáltica, como en la resistencia y el envejecimiento de la misma. La obtención del polvo de ladrillo no resultó complicado, ya que al ser un material frágil se puede pulverizar con facilidad, en este caso se optó por pulverizarlo en la Máquina de Los Ángeles (Anexo 3.6), dejando que, de revoluciones por aproximadamente 30 minutos, obteniendo de esta manera el polvo de ladrillo (Anexo 3.8) que luego pasara a ser tamizado por el Tamiz #200 (Anexo 3.9).

En el **aspecto social**, disminuir el impacto visual negativo y el desorden mejorando la imagen de Chiclayo, en especial de las vías para Lambayeque, Pimentel y entre otras que son los puntos críticos. Dar una utilidad a estos desechos, dando lugar a un plan de manejo de los RCD.

En el **aspecto científico**, en Perú y exactamente a nivel local no existen estudios sobre la reutilización de los residuos de construcción y demolición como material de relleno en una mezcla asfáltica, es por ello que se consideró necesario hacer un estudio a fondo sobre esto, induciendo a más estudiantes y profesionales a la búsqueda que nuevas tecnologías para la reutilización de los RCD. Cabe recalcar que tampoco existen muchos estudios sobre los efectos de los diferentes rellenos en las propiedades de una mezcla asfáltica.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Entre los diversos estudios y bibliografía relacionada con el tema, se han tomado los siguientes:

- **Martin, Jesus, J. Montero, F. Moreno, J. Piqueras Sala, & M. Rubio. 2013, *Feasibility analysis of the reuse of waste filler of bituminous mixtures for the production of self-compacting concrete, Materials & Design, vol. 46, pp. 372-380.***

El concepto de filler se conoce desde hace más de 50 años en carreteras y es durante los últimos 20 años cuando ha experimentado un mayor desarrollo. A finales del siglo XIX la compañía “National Vulcanite” utilizó una mezcla asfáltica denominada “vulcanita” la cual contenía un 0,3 % de cal en las ciudades de Washington D.C. y Buffalo.

Posteriormente, a principios del siglo XX Richardson menciona la utilización de cal apagada en Inglaterra. Décadas más tarde, los científicos Duriez y Arrambide recomendaban en Francia la utilización de cal en las mezclas para mejorar la adhesividad entre el betún y los áridos. De esta forma, fueron ellos los que recomendaron el uso de este material en las pistas de aterrizaje en Inglaterra, Francia y Alemania. Además, según dichos autores cuanto mayor era la superficie específica del material, mayor era su carácter activo en la modificación de las características de los pavimentos bituminosos.

- **Blanchetto, H., Miro, R., Perez-Jimenez, F. & Martinez, A.H. 2007, *Effect of calcareous fillers a bituminous mix aging, Transportation Research Record, no. 1998, pp. 140-148.***

En el año 2007, la Universidad Politécnica de Cataluña en asociación con la Universidad de la Plata (Argentina) presentó una serie de resultados ligados al método funcional denominado “Universal de Caracterización de Ligantes” más conocido como Método UCL, en los cuales se demostraba que si la proporción en volumen del filler no excedía de la relación concentración volumétrica / concentración crítica (Cv/Cc), se obtendría una buena resistencia al envejecimiento.

A partir del desarrollo de este método, se han ido variando las clases de filler y/o polvo mineral utilizadas, como por ejemplo la utilización de polvo de neumático en mezclas bituminosas, desarrollado por la Universidad de Cataluña, en el cual los resultados demuestran como este tipo de filler disminuye la compactibilidad de la mezcla y a su vez es el causante de que se produzcan mayores pérdidas en el ensayo cántabro.

- **Rubén Serratos Ochoa (2014). *Influencia del polvo rellenedor en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas superpave. Tesis de grado: Universidad Autónoma de Querétaro – México.***

En esta tesis se busca aportar conocimiento y contribuir en la mejora de la infraestructura vial enfocándose en la influencia del polvo rellenedor mediante el método Superior Performing Asphalt Pavement (SUPERPAVE) y se determinó que el adicionar una adecuada dosificación de Filler mejora el cerrado de la mezcla, además que entre más

calidad tenga este mejor comportamiento mecánico tendrá y con ellos se obtendrán buenos conocimientos.

- **UICN, Oficina Regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe (2011). *Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción –San José, Costa Rica (Pg. 25-26).***

La siguiente guía habla sobre como el reciclaje de los escombros urbanos puede representar ventajas socioeconómicas si va acompañado de una serie de medidas como la reducción o eliminación de descargas ilegales, y sobre las ventajas de carácter ecológico que esto puede traer ya que los escombros reciclados sustituyen a los agregados tradicionales provenientes de reservas naturales que muchas veces son devastadas en la actividad de extracción.

2.2. Bases Teórico-Científicas

2.2.1. Funciones de un pavimento

Un pavimento de una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitaran y del volumen de tráfico.

La Ingeniería de Pavimentos tiene por objetivo el proyecto, la construcción, el mantenimiento y la gerencia de pavimentos, de tal modo que las funciones sean desempeñadas con el menor costo para la sociedad. Tratándose, esencialmente, de una actividad multidisciplinaria, donde están involucrados conceptos y técnicas de las Ingenierías: Geotecnia, de Estructuras, de Materiales, de Transportes y de Sistemas, en vista de la importancia se debe estimar y efectuar el mantenimiento de pavimentos existentes.

2.2.2. Mezcla asfáltica

Según Carlos Kraimer en su libro “Ingeniería de carreteras”, 2009 define:

Como mezcla asfáltica a la combinación entre cemento asfáltico y agregados pétreos de diversa granulometría. Las dosificaciones que se hagan de cada uno de estos componentes interfieren directamente en las propiedades físicas que resulten de esta mezcla, así como su rendimiento.

Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90% de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico. Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el correcto funcionamiento del pavimento y de la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto. El ligante asfáltico y el polvo mineral son los dos elementos que más influyen tanto en la calidad de la mezcla asfáltica como en su costo total.

Las mezclas asfálticas sirven para soportar directamente las acciones de los neumáticos de los vehículos y transmitir las cargas a las capas inferiores proporcionando las

condiciones adecuadas de rodadura, cuando se emplean en capas superficiales y como material de resistencia estructural o mecánica en las demás capas del pavimento.

El comportamiento de la mezcla depende de las circunstancias externas a ellas mismas, tales como son el tiempo de aplicación de la carga y de la temperatura. Por estas razones su caracterización y propiedades tienen que estar vinculadas a estos factores, temperatura y carga.

La funcionalidad primordial en un pavimento se identifica de acuerdo al acabado con el que cuenta su superficie de rodadura y de los materiales con los que está hecha. Es por eso por lo que las mezclas asfálticas al formar parte de ello tienen que cumplir con los siguientes aspectos para que garanticen seguridad a los usuarios:

1. Adherencia del neumático a la superficie de rodadura.
2. Drenar eficazmente el agua de lluvia.
3. Desgaste mínimo hacia los neumáticos de los vehículos.
4. Generar poco ruido en el exterior e interior del vehículo
5. Proporcionar comodidad y estabilidad a los vehículos.
6. Distribuir eficazmente hacia las capas inferiores las cargas producidas por el tránsito.
7. La resistencia a la rodadura (consumo de carburante)
8. Proporcionar la visibilidad óptima para que el usuario se percate de manera oportuna hacia los obstáculos o siga su camino de manera segura.

2.2.2.1. Clasificación de las mezclas asfálticas

Carlos Kraimer en su libro “Ingeniería de carreteras”, 2009. Clasifica a las mezclas asfálticas debido a su diversidad, cada una se clasifica de acuerdo a una característica específica que la defina y a continuación se describen el tipo de clasificaciones de mezcla asfáltica que existen:

a) Por fracciones de agregado pétreo empleado.

- Masilla asfáltica: Polvo mineral (pasa la malla #200) más cemento asfáltico.
- Mortero asfáltico: Agregado fino más masilla
- Concreto asfáltico: agregado grueso más cemento asfáltico.
- Macadam asfáltico: Agregado grueso más cemento asfáltico.

b) Por la temperatura de tendido.

- Mezclas asfálticas en caliente: se elaboran con asfalto y agregado pétreo caliente a temperaturas entre los 150°C a 180°C, dependiendo de la viscosidad del cemento asfáltico que se esté utilizando.
- Mezclas asfálticas templadas: Se elaboran con asfalto y agregado pétreo a una temperatura entre 120°C y 130°C, dependiendo de la metodología y producto utilizado.
- Mezclas asfálticas en frío: este tipo de mezcla recibe este nombre debido a que el tendido en el lugar se hace a temperatura ambiente ya que el ligante de la mezcla es esencialmente una emulsión asfáltica realizada a temperatura ambiente.

c) Por la proporción de vacíos en la mezcla asfáltica.

Esta condición es de suma importancia en la mezcla asfáltica ya que, en los últimos años, investigaciones han demostrado que una adecuada cantidad de vacíos influye directamente en un comportamiento adecuado de la mezcla asfáltica en la que se previenen deformaciones en la misma.

- Mezclas cerradas o Densas: la proporción de vacíos no supera el 6%
- Mezclas Semicerradas o Semidensas: la proporción de vacíos esta entre el 6% y el 10%
- Mezclas Abiertas: La proporción de vacíos supera el 12%
- Mezclas Porosas o Drenantes: la proporción de vacíos es superior al 20%

d) Por el tamaño máximo del agregado pétreo

- Mezclas de granulometría gruesa: en este tipo de mezcla el tamaño máximo del agregado pétreo excede los 10 mm.
- Mezclas de granulometría fina: También conocidas como morteros asfálticos, pues se trata de mezclas formadas básicamente por un árido fino incluyendo el polvo mineral y un ligante asfáltico. El tamaño máximo del agregado pétreo determina el espesor mínimo con el que ha de extenderse una mezcla que vendría a ser el doble al tiple de tamaño máximo.

e) Por la estructura del agregado pétreo

- Mezclas con esqueleto mineral: poseen un esqueleto mineral resistente, su componente de resistencia debida al rozamiento interno de los agregados es notable.
- Mezclas sin esqueleto mineral: no poseen un esqueleto mineral resistente, la resistencia es debida exclusivamente a la cohesión de la masilla.

f) Por la Granulometría

- Mezclas continuas: una cantidad muy distribuida de diferentes tamaños de agregado pétreo en el uso granulométrico.
- Mezclas discontinuas: Una cantidad muy limitada de tamaños de agregado pétreo en el uso granulométrico.

2.2.2.2. Propiedades de las mezclas asfálticas

El Instituto del Asfalto en su Serie de Manuales N° 22 (MS – 22) de Principios de Construcción de Mezcla Asfáltica en Caliente dice que:

Las buenas mezclas asfálticas en caliente trabajan bien debido a que son diseñadas, producidas y colocadas de tal manera que se logra obtener las propiedades deseadas. Hay varias propiedades que contribuyen a la buena calidad de pavimentos de mezclas en caliente. Estas incluyen la estabilidad, la durabilidad, la impermeabilidad, la trabajabilidad, la flexibilidad, la resistencia a la fatiga y la resistencia al deslizamiento.

El objetivo primordial del procedimiento de diseño de mezclar es el de garantizar que la mezcla de pavimentación posea cada una de estas propiedades. Por lo tanto, hay que saber

que significa cada una de estas propiedades, cómo es evaluada, y que representa en términos de rendimiento del pavimento.

a) Estabilidad

La estabilidad de un asfalto es su capacidad de resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito. Un pavimento estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas, un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos (canales), ondulaciones (corrugación) y otras señas que indican cambios en la mezcla.

Los requisitos de estabilidad solo pueden establecerse después de un análisis completo del tránsito, debido a que las especificaciones de estabilidad para un pavimento dependen del tránsito esperado. Las especificaciones de estabilidad deben ser lo suficiente altas para acomodar adecuadamente el tránsito esperado, pero no más altas de lo que exijan las condiciones de tránsito. Valores muy altos de estabilidad producen un pavimento demasiado rígido y, por lo tanto, menos durable que lo deseado.

La estabilidad de una mezcla depende de la fricción y la cohesión interna. La fricción interna en las partículas de agregado (fricción entre partículas) está relacionada con características del agregado tales como forma y textura superficial. la cohesión resulta de la capacidad ligante del asfalto. Un grado propio de fricción y cohesión interna, en la mezcla, previene que las partículas de agregado se desplacen unas respecto a otras debido a las fuerzas ejercidas por el tráfico.

En términos generales, entre más angular sea la forma de las partículas de agregado y más áspera sea su textura superficial, más alta será la estabilidad de la mezcla.

Cuando no hay agregados disponibles con características de alta fricción interna, se pueden usar mezclar más económicas, en lugares donde se espere tráfico liviano, utilizando agregados con valores menores de fricción interna.

La fuerza ligante de la cohesión aumenta con aumentos en la frecuencia de carga (tráfico). La cohesión también aumenta a medida que la viscosidad del asfalto aumenta, o a medida que la temperatura del pavimento disminuye. Adicionalmente, y hasta cierto nivel, la cohesión aumenta con aumentos en el contenido de asfalto. Cuando se sobrepasa este nivel, los aumentos en el contenido de asfalto producen una película demasiado gruesa sobre las partículas de agregado, lo cual resulta en pérdida de fricción entre partículas existen muchas causas y efectos asociados con una estabilidad insuficiente en el pavimento.

Tabla N° 1. Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento

CAUSAS	EFFECTOS
Exceso de asfalto en la mezcla	Ondulaciones y afloramiento o exudación.
Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente, dificultad para la compactación.
Agregado redondeado sin, o con pocas superficies trituradas	Ahuellamiento y canalización.

Fuente: Serie de Manuales N° 22: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente. 1992

b) Durabilidad

La durabilidad de un pavimento es su habilidad para resistir factores tales como la desintegración del agregado, cambios en las propiedades de asfalto (polimerización y oxidación), y separación de las películas de asfalto. Estos factores pueden ser el resultado de la acción del clima, el tránsito, o una combinación de ambos.

Generalmente, la durabilidad de una mezcla puede ser mejorada en tres formas. Estas son: usando la mayor cantidad posible de asfalto, usando una graduación densa de agregado resistente a la separación, y diseñando y compactando la mezcla para obtener la máxima impermeabilidad.

La mayor cantidad posible de asfalto aumenta la durabilidad porque las películas gruesas de asfalto no se envejecen o endurecen tan rápido como lo hacen las películas delgadas. En consecuencia, el asfalto retiene, por más tiempo, sus características originales. Además, el máximo contenido posible de asfalto sella eficazmente un gran porcentaje de vacíos interconectados en el pavimento, haciendo difícil la penetración del aire y del agua. Por supuesto, se debe dejar un cierto porcentaje de vacíos en el pavimento para permitir la expansión del asfalto en los tiempos cálidos.

Una graduación densa de agregado firme, duro, a la separación, contribuye, de tres maneras, a la durabilidad del pavimento. Una graduación densa proporciona un contacto más cercano entre las partículas del agregado, lo cual mejora la impermeabilidad de la mezcla. Un agregado firme y duro resiste la desintegración bajo las cargas del tránsito. Un agregado resistente a la separación resiste la acción del agua y el tránsito, las cuales tienden a separar la película de asfalto de las partículas de agregado, conduciendo a la desintegración del pavimento. La resistencia de una mezcla a la separación puede ser mejorada, bajo ciertas condiciones, mediante el uso de compuestos adhesivos, o rellenos como la cal hidratada.

La intrusión del aire y agua en el pavimento puede minimizarse si se diseña y compacta la mezcla para darle al pavimento la máxima impermeabilidad posible. Existen muchas causas y efectos con una poca durabilidad del pavimento.

Tabla N° 2. Causas y efectos de una poca durabilidad

CAUSAS	EFECTOS
Bajo contenido de asfaltos	Endurecimiento rápido del asfalto y desintegración por perdido de agregado.
Alto contenido de vacíos debido al diseño o a la falta de compactación	Endurecimiento temprano del asfalto seguido por agrietamiento o desintegración
Agregados susceptibles al agua	Películas de asfalto se desprenden del agregado dejando un pavimento desgastado o desintegrado.

Fuente: Serie de Manuales N° 22: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente. 1992

c) Impermeabilidad

La impermeabilidad de un pavimento es la resistencia al paso de aire y agua hacia su interior, o a través de él. Esta característica está relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada, y es así como gran parte de las discusiones sobre vacíos en las secciones de diseño de mezcla se relaciona con impermeabilidad. Aunque el contenido de vacíos es una indicación del paso potencial de aire y agua a través de un pavimento, la naturaleza de estos vacíos es muy importante que su cantidad.

El grado de impermeabilidad está determinado por el tamaño de los vacíos, sin importar si están o no conectados, y por el acceso que tienen a la superficie del pavimento.

Aunque la impermeabilidad es importante para la durabilidad de las mezclas compactadas, virtualmente todas las mezclas asfálticas usadas en la construcción de carreteras tienen cierto grado de permeabilidad. Esto es aceptable, siempre y cuando la permeabilidad esté dentro de los límites especificados.

Tabla N° 3. Causas y efectos de la Permeabilidad

CAUSAS	EFFECTOS
Bajo contenido de asfalto	Las películas delgadas de asfalto causaran tempranamente un envejecimiento y una desintegración de la mezcla.
Alto contenido de vacíos en la mezcla de diseño	El agua y el aire pueden entrar fácilmente en el pavimento causando oxidación y desintegración de la mezcla.
Compactación Inadecuada	Resultaran vacíos altos en el pavimento, lo que conducirá una infiltración de agua y baja estabilidad.

Fuente: Serie de Manuales N° 22: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente. 1992

d) Trabajabilidad

La trabajabilidad esta descrita por la facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada. Las mezclas que poseen buena trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar; aquellas con mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar. La trabajabilidad puede ser mejorada modificando los parámetros de la mezcla, el tipo de agregado, y/o la granulometría.

Las mezclas gruesas (mezclas que contienen un alto porcentaje de agregado grueso) tienen una tendencia a segregarse durante su manejo, y también pueden ser difíciles de compactar. A través de mezclas de prueba en el laboratorio puede ser posible adicionar agregado fino, y tal vez asfalto, a una mezcla gruesa, para volverla más trabajable. En tal caso se deberá tener cierto cuidado para garantizar que la mezcla modificada cumpla con los otros criterios de diseño, tales como contenido de vacíos y estabilidad.

Un contenido demasiado alto de relleno también puede afectar la trabajabilidad. Puede ocasionar que la mezcla se vuelva muy viscosa, haciendo difícil su compactación.

La trabajabilidad es especialmente importante en sitios donde se requiere colocar y rastrillar a mano cantidades considerables de mezcla, como por ejemplo alrededor de

tapas de alcantarillados, curvas pronunciadas y otros obstáculos similares. Es muy importante usar mezclas trabajables en dichos sitios.

Las mezclas que son fácilmente trabajables o deformables se conocen como mezclas tiernas. Las mezclas tiernas son demasiado inestables para ser colocadas y compactadas apropiadamente. Usualmente son el producto de una falta de relleno mineral, demasiada arena de tamaño mediano., partículas lisas y redondeadas de agregado, y/o demasiada humedad en la mezcla.

Aunque el asfalto no es la principal causa de los problemas de trabajabilidad, si tienen algún efecto sobre esta propiedad. Debido a que la temperatura de la mezcla afecta la viscosidad del asfalto, una temperatura demasiado baja hará que la mezcla sea poco trabajable, mientras que una temperatura demasiado alta podrá hacer que la mezcla se vuelva tierna. El grado y el porcentaje de asfalto también pueden afectar la trabajabilidad de la mezcla.

Tabla N° 4. Causas y Efectos de problemas en Trabajabilidad

CAUSAS	EFFECTOS
Tamaño máximo de partícula grande	Superficie áspera, difícil de colocar
Demasiado agregado grueso	Puede ser difícil de compactar.
Temperatura muy baja de mezcla	Agregado sin revestir, mezcla poco durable, superficie áspera y difícil de compactar.
Demasiada arena de tamaño medio	La mezcla se desplaza bajo la compactadora y permanece tierna o blanda
Bajo contenido de relleno mineral	Mezcla tierra altamente permeable
Alto contenido de relleno mineral	Mezcla muy viscosa, difícil de manejar y poco durable.

Fuente: Serie de Manuales N° 22: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente. 1992

e) Flexibilidad

Flexibilidad es la capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse, sin que se agriete, a movimientos y asentamientos graduales de la subrasante. La flexibilidad es una característica deseable en todo pavimento asfáltico debido a que virtualmente todas las subrasantes se asientan (bajo cargas) o se expanden (por expansión del suelo).

Una mezcla de granulometría abierta con alto contenido de asfalto es, generalmente, más flexible que una mezcla densamente graduada e bajo contenido de asfalto. Algunas veces los requerimientos de flexibilidad entran en conflicto con los requisitos de estabilidad, de tal manera que se debe buscar el equilibrio de los mismos.

f) Resistencia a la fatiga

La resistencia a la fatiga de un pavimento es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Se ha demostrado, por medio de la investigación, que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad del asfalto tienen un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga. A medida que el porcentaje de vacíos en un pavimento aumenta, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la

fatiga del pavimento. (El periodo de tiempo durante el cual un pavimento en servicio es adecuadamente resistente a la fatiga) disminuye. Así mismo, un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente tiene menor resistencia a la fatiga.

Las características de resistencia y espesor de un pavimento, y la capacidad de soporte de la subrasante, tienen mucho que ver con la vida del pavimento y con la prevención del agrietamiento asociado con cargas de tránsito. Los pavimentos de gran espesor sobre subrasantes resistentes no se flexionan tanto, bajo las cargas, como los pavimentos delgados o aquellos que se encuentran sobre subrasantes débiles.

g) Resistencia al Deslizamiento

Resistencia al deslizamiento es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie esta mojada. Para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento (hidroplaneo). La resistencia al deslizamiento se mide en terreno con una rueda normalizada bajo condiciones controladas de humedad en la superficie del pavimento, y a una velocidad de 65 km/hr (40 mi/hr).

Una superficie áspera y rugosa de pavimento tendrá mayor resistencia al deslizamiento que una superficie lisa. La mejor resistencia al deslizamiento se obtiene con un agregado de textura áspera, en una mezcla de gradación abierta y con tamaño máximo de 9.5 mm (3/8 pulgadas) a 12.5 mm (1/2 pulgada). Además de tener una superficie áspera, los agregados deben resistir el pulimiento (alisamiento) bajo el tránsito. Los agregados calcáreos son más susceptibles al pulimiento que los agregados silíceos. Las mezclas inestables que tienden a deformarse o a exudar (flujo de asfalto a la superficie) presentan problemas graves de resistencia al deslizamiento.

2.2.2.3. Métodos para determinar asfalto optimo

El contenido de asfalto residual se calcula en base al análisis granulométrico del agregado. Utilizaremos tres métodos de cálculo los que al promediarlos dan directamente el porcentaje de cemento asfáltico, con respecto a la mezcla total.

Estos métodos son:

a. Método Frances

$$SE = \left(\frac{1}{100}\right) x (0.237 G + 1.60 g + 12.85 A + 117.8 F)$$

Donde:

SE = Área Superficial o Superficie Especifica

G = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz 3/4 y se retiene en el tamiz N° 04

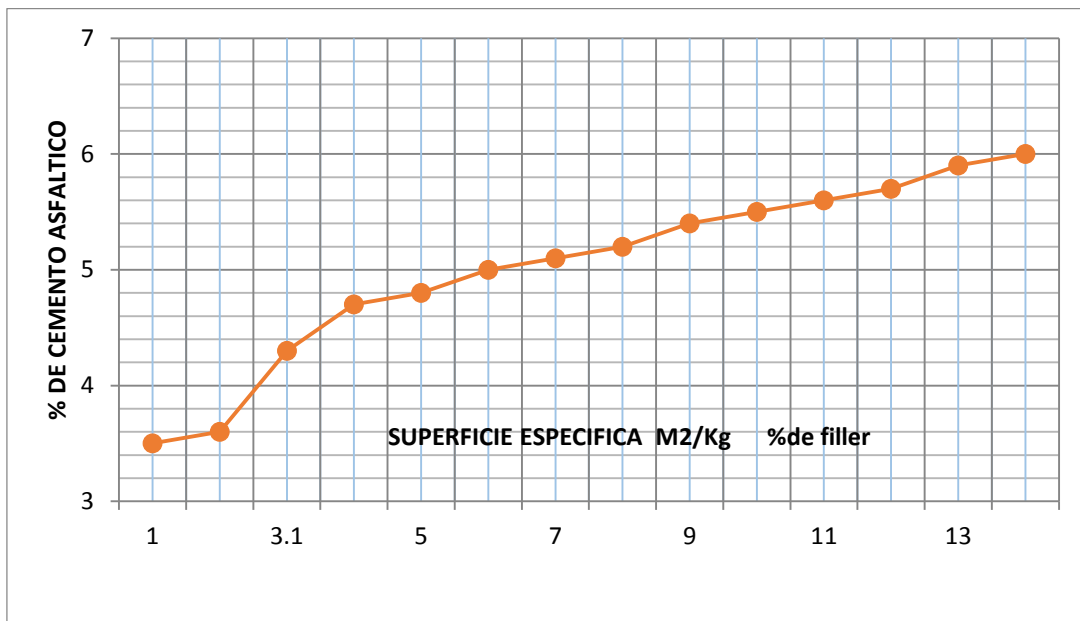
g = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 04 y se retiene en el tamiz N° 40

A = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 40 y se retiene en el tamiz N° 200

F = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200

Del gráfico de M. Duriez (Superficie Específica vs Porcentaje de Cemento Asfáltico) calculamos el porcentaje de Cemento Asfáltico para las emulsiones.

Gráfica N° 1 Superficie Especifica Vs % de Cemento Asfáltico



Fuente: M Duriez, 2010

b. Método del Instituto del Asfalto (USA)

$$P = 0.035 a + 0.045 b + kc + K$$

Donde:

P = Porcentaje de cemento asfáltico respecto al peso de la mezcla

a = Porcentaje de agregado retenido en el tamiz N° 10

b = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 10 y se retiene en el tamiz N° 200

c = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200

k = Toma los siguientes valores:

0.20	Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 varia del 11% al 15%
0.18	Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 Varía del 06% al 10%
0.15	Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200 es menos del 05%

K = Varía de 0 a 2, dependiendo del grado de absorción de los pétreos.

Alta absorción: K = 2

c. Método de la secretaria de asentamientos humanos y obras públicas (SAHOP) – México

$$P = \left(\frac{n}{100}\right) x(0.41 G + 2.05 g + 15.38 A + 53.3 F)$$

Donde:

P = Porcentaje de cemento asfáltico mínimo para cubrir el pétreo, respecto al peso del árido.

G = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz 3/4 y se retiene en el tamiz N° 04

g = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 04 y se retiene en el tamiz N° 40

A = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 40 y se retiene en el tamiz N° 200

F = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200

n = Índice asfáltico

TIPO DE MATERIAL	n
Gravas o arenas de río o materiales redondeados de baja absorción	0.55
Gravas angulosas redondeadas, triturados de baja absorción	0.60
Gravas angulosas o redondeadas de alta absorción y rocas trituradas de absorción media	0.70
Rocas trituradas de alta absorción	0.80

2.2.3. Materiales pétreos

2.2.3.1. Importancia del agregado en una mezcla asfáltica

En el diseño de una mezcla asfáltica en caliente intervienen dos materiales indispensables que son los agregados pétreos y el asfalto que para nuestro caso se usara asfalto PEN 60/70; los agregados por su parte son de gran importancia ya que en una mezcla asfáltica constituyen entre el 90 y el 95 por ciento en peso, y entre el 75 y 85 por ciento en volumen; es de mencionar que la calidad de la mezcla asfáltica depende de la calidad de los materiales constituyentes y la capacidad de carga de la carpeta es proporcionada esencialmente por los agregados, de esto se deriva la importancia de una adecuada selección y manejo de los materiales pétreos que serán utilizados para elaborar una mezcla asfáltica, específicamente en lo que se refiere a una buena distribución granulométrica.

Una pequeña variación en el porcentaje de un determinado tamaño de agregado o en las propiedades de éste puede causar cambios significativos en las propiedades de la mezcla elaborada, por lo tanto, es necesario llevar un control eficiente de los agregados que se está usando en la planta de producción de mezcla lo cual puede comprender:

- a) Control de calidad del agregado que se produce en la planta trituradora.
- b) Acopio de agregados.

El control de la calidad del agregado usado es un factor crítico en el comportamiento de una carpeta de concreto asfáltico, sin embargo, además de la calidad se aplican otros criterios que forman parte de la selección de un agregado en una obra de pavimentación, estos criterios incluyen el costo, la disponibilidad del agregado su origen y, además, deberá cumplir con ciertas propiedades para poder ser considerado apropiado para concreto asfáltico de buena calidad.

2.2.3.2 Definición

Los agregados pétreos son materiales granulares sólidos inertes, usados para ser mezclados en diferentes tamaños de partículas graduadas, como parte de una mezcla asfáltica en caliente. Los agregados típicos incluyen la arena, la grava, la escoria de alto horno, o la roca triturada y polvo de roca. El comportamiento de un pavimento se ve altamente influenciado por la selección apropiada del agregado, debido a que el agregado mismo proporciona la mayoría de las características de capacidad soportante.

2.2.3.3 Tipos de agregados

El tipo de agregado pétreo se puede determinar, de acuerdo a la procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento, se pueden clasificar en los siguientes tipos:

a) Agregados Naturales.

Los agregados naturales son aquellos que son usados en su forma natural, con muy poco o ningún procesamiento.

b) Agregados de Trituración.

Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera o de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales de canteras cuyas propiedades físicas sean adecuadas.

c) Agregados Artificiales.

Son los subproductos de procesos industriales, como ciertas escorias o materiales procedentes de demoliciones, utilizables y reciclables.

d) Agregados Marginales.

Los agregados marginales engloban a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes.

2.2.3.4 Clasificación y producción de agregados

El Instituto del Asfalto en su Serie de Manuales N° 22 (MS – 22) de Principios de Construcción de Mezcla Asfáltica en Caliente hace referencia que:

Los agregados usados en pavimento asfáltico se clasifican, generalmente, de acuerdo a su origen. Estos incluyen: agregados naturales, agregados procesados, y agregados sintéticos o artificiales.

2.2.3.4.1 Agregados naturales:

Los agregados naturales son aquellos que son usados en su forma natural, con muy poco o ningún procesamiento. Ellos están constituidos por partículas producidas mediante procesos naturales de erosión y degradación, tales como la acción del viento, el agua, y los químicos. La forma de las partículas individuales es un producto, a la larga, de los agentes que actúan sobre ellas. Así mismo, las corrientes de agua producen partículas lisas y redondeadas. Los principales tipos de agregado natural usados en la construcción de pavimento son la grava y la arena.

Las gravas y las arenas son clasificadas, además, de acuerdo a su origen. Los materiales producidos en canteras abiertas y usados sin ningún procesamiento adicional son conocidos como materiales en bruto, y los materiales tomados de la ribera de los ríos son conocidos como materiales de canteras de ríos. Los depósitos de gravas varían ampliamente en composición, pero usualmente contienen alguna cantidad de arena y limo.

2.2.3.4.2 Agregados procesados:

Los agregados procesados son aquellos que han sido triturados y tamizados antes de ser usados. Existen dos fuentes principales de agregados procesados: gravas naturales que son trituradas para volverlas más apropiadas para pavimento de mezcla asfáltica, y fragmentos de lecho de roca y de piedras grandes que son extraídas de canteras y que deben ser reducidas en tamaño en las plantas trituradoras, antes de ser usados en la pavimentación; de la calidad de las rocas que se explotan en las canteras dependerá la calidad de los agregados procesados y dispuestos para ser utilizados en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente.

La roca es triturada por tres razones:

- a) Para cambiar la textura superficial de las partículas de lisa a rugosa,
- b) Para cambiar la forma de la partícula de redonda a angular, y
- c) Para reducir y mejorar la distribución y el rango (graduación) de los tamaños de las partículas.

El propósito principal de la trituración, en el caso de los fragmentos de lecho de roca y de piedras grandes, es reducir las piedras a un tamaño que sea manejable. Sin embargo, los cambios en la textura superficial, y en la forma de las partículas, son también muy importantes.

El tamizado de los materiales, después de triturarlos, resulta en una granulometría con cierto rango de tamaño de partícula. Un factor importante en la construcción de pavimentos de buena calidad consiste en mantener graduaciones específicas de agregados. Sin embargo, por razones económicas, el material triturado es usado tal y como sale del triturador, con muy poco o ningún tamizado. Un control adecuado de las operaciones de triturado determina si la graduación resultante del agregado cumple, o no, con los requisitos de la obra.

El agregado triturado, sin tamizar, es conocido como agregado triturado sin cribar, y es usado satisfactoriamente en muchos proyectos de construcción de pavimento. Sin embargo, es esencial garantizar que la operación de triturado sea continuamente supervisada para poder producir un agregado que cumpla con las especificaciones.

2.2.3.4.3 Agregados sintéticos:

Los agregados sintéticos o artificiales no existen en la naturaleza. Ellos son el producto del procesamiento físico o químico de materiales. Algunos son subproductos de procesos industriales de producción como el refinamiento de metales.

El producto secundario más comúnmente usado es la escoria de alto horno. Es una sustancia no metálica que brota a la superficie del hierro fundido durante el proceso de

reducción. Una vez que es removida de la superficie del hierro, la escoria es transformada en pequeñas partículas al templarla inmediatamente en agua, o al triturarla una vez que se ha enfriado.

Los agregados sintéticos manufacturados son relativamente nuevos en la industria de la pavimentación. Ellos son producidos al quemar arcilla, arcilla esquistosa, tierra diatomácea procesada, vidrio volcánico, escoria, y otros materiales. Los productos finales son típicamente livianos y tienen una resistencia muy alta al desgaste. Los agregados sintéticos han sido usados en la pavimentación de cubiertas de puentes y cubiertas de techos, así como en capas superficiales de pavimento donde se requiere la máxima resistencia al deslizamiento.

2.2.3.5 Normativa

El Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – EG-2013, sección 423 pavimentos de concreto asfáltico en caliente, establece las especificaciones técnicas para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente, el objetivo de esta sección es analizar los parámetros de los ensayos a los agregados minerales gruesos y a los agregados minerales finos, para poder realizar el diseño de mezcla asfáltica.

a) Agregados minerales gruesos

Los agregados gruesos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

Tabla N° 5. Requerimientos para los agregados

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		< 3.000	> 3.000
Durabilidad (al sulfato de sodio)	MTC E 209	12% máx.	12% máx.
Durabilidad (al sulfato de magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	30% máx.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales solubles y totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.00% máx.	1.00% máx.
Adherencia	MTC E 519	95	95

Nota: La notación “85/50” indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

Fuente: Manual de carreteras-Especificaciones Técnicas para Construcción EG-2013.

b) Agregados minerales finos

Los agregados finos deberían cumplir con los requerimientos siguientes:

Tabla N° 6. Requerimiento para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		< 3.000	> 3.000
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Equivalente de Arena	MTC E 114	60% mín.	70% mín.
Angularidad	MTC E 222	30% mín.	40% mín.
Azul de metileno	AASTHO 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales solubles y totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	0.5% máx.	0.5% máx.

Fuente: Manual de carreteras-Especificaciones Técnicas para construcción- EG-2013.

c) Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC).

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos:

Tabla N° 7. Gradación de mezcla asfáltica en caliente

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

Fuente: Manual de carreteras-Especificaciones Técnicas para construcción- EG-2013.

2.2.4. Relleno mineral o filler

Según el Sistema de Clasificación de Suelos SUCS, se define como polvo mineral, a la parte del agregado pétreo total que pasa el tamiz #200.

El fíller o polvo mineral de aportación es un producto comercial de naturaleza pulverulenta (cemento normalmente o cenizas volantes de central térmica) o un polvo en general calizo, especialmente preparado para utilizarlo en mastico para mezclas asfálticas.

Cuando se trata de un producto comercial, se garantiza perfectamente su control y se conocen sus propiedades tanto físicas como químicas y su futuro comportamiento en la mezcla. Cuando se utiliza el otro tipo de filler, (de recuperación), que es aquel que se obtiene de las plantas asfálticas, no se sabe exactamente cuáles son sus componentes y en ocasiones varía su composición con el tiempo y puede estar o no, dentro de las normativas, debido a que es un residuo.

Este polvo mineral forma parte de un sistema de partículas finamente divididas, las cuales pueden encontrarse dispersas en el asfalto, actuando como un medio que puede modificar su consistencia y propiedades mecánicas. A este polvo se le denomina filler, ya que forma parte de un sistema de unión con el asfalto, se dice que su función principal es de actuar como un “llenante o rellenedor” al formar parte de un sistema más grande compuesto por asfalto y los agregados pétreos llamados mezcla asfáltica.

2.2.4.1. Características del Filler

Las características que más suelen interesar de un polvo mineral son:

a. Finura.

Al ocupar parcialmente los espacios libres dejados por la estructura granular compactada y conformada por las partículas mayores, reduce el volumen de vacíos de la mezcla evitando un aumento pronunciado de la cantidad de ligante asfáltico. El polvo mineral consigue cumplir con su función rellenedora, dependiendo del volumen de vacíos existente una vez que se haya compactado la estructura granular y en función de la granulometría y de las partículas de mayor tamaño.

La densidad aparente del polvo mineral en Tolueno es una medida relativa del grado de finura del polvo, cualidad muy importante para las características finales de las mezclas. La densidad aparente del polvo mineral, en algunas normas aparece comprendida entre cinco y ocho decigramos por centímetro cúbico (0,5 a 0,8 g/cm³).

b. Modificación del comportamiento reológico.

El empleo del polvo mineral incrementa la magnitud de la resistencia a la deformación de la mezcla, sin modificar la naturaleza viscosa del ligante, originando como consecuencia un aumento de la resistencia al corte de las mezclas asfálticas.

c. Acción estabilizante frente al agua.

Se incrementa la durabilidad de las mezclas asfálticas frente a la acción del agua debido a que se reduce parcialmente la porosidad de la estructura granular evitando el acceso del agua al interior, y por otro lado debido a que algunos polvos minerales presentan una mayor afinidad con el ligante asfáltico, mejoran la resistencia a la acción de desplazamiento que ejerce el agua sobre el ligante asfáltico.

Las características de finura y comportamiento reológico se hayan vinculadas el tamaño y forma de las partículas. La acción estabilizante frente al agua depende además del tamaño y forma de las partículas, de la composición química de los rellenos minerales. Las funciones del polvo mineral no pueden apartarse del contenido y consistencia del ligante asfáltico en la mezcla.

d. Procedencia del polvo mineral

El polvo mineral podrá proceder de los agregados, separándose de ellos por medio de los ciclones de la central de fabricación, o aportarse a la mezcla por separado de aquéllos como un producto comercial o especialmente preparado.

Las proporciones del polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deben cumplir lo que fijen las normas, debido a que es un material que se debe de utilizar en proporciones adecuadas en cada tipo de mezcla y condiciones, para obtener un resultado óptimo.

El polvo mineral que quede inevitablemente adherido a los agregados tras su paso por el secador de la planta de asfalto en ningún caso podrá rebasar ciertos límites que algunas normas contienen, este valor está aproximadamente dentro del dos por ciento (2%) de la masa de la mezcla. Si se asegurase que el polvo mineral procedente de los agregados cumple las condiciones exigidas al de aportación, se podrá rebajar la proporción mínima de éste.

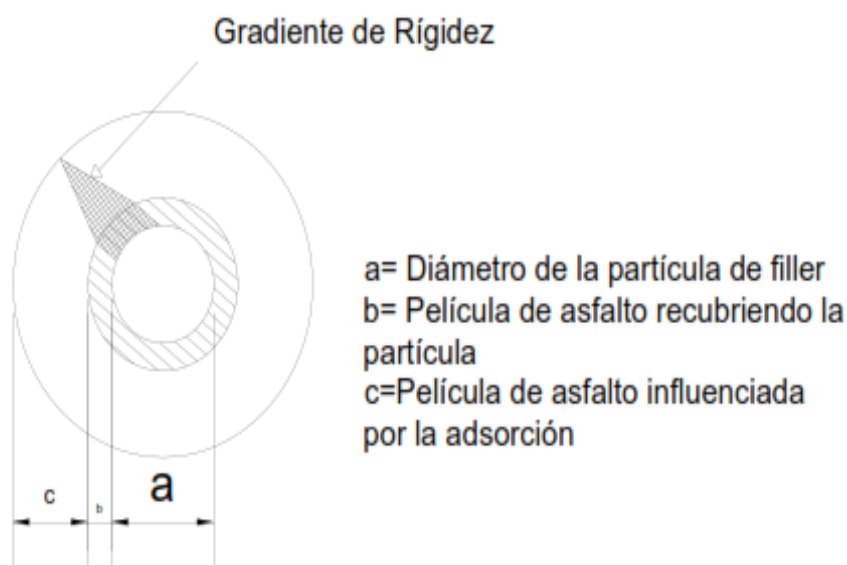
2.2.4.2. Interacción filler – asfalto

La Teoría de Tunnicliff (1953), conceptualizada por Faheem Ahmed y Hussain Bahia en , “Modelo fenomenológico conceptual para la interacción de aglutinantes de asfalto con rellenos minerales” en la reunión anual de la Asociación de Tecnólogos de pavimentos de asfalto, marzo 2009. Explica teóricamente la interacción entre las partículas de filler y el asfalto, propuso que las partículas de filler influyen en la matriz de asfalto mediante dos mecanismos.

En el primero la película absorbe una película de asfalto, requerida para cubrir la partícula. El volumen de asfalto absorbido por este mecanismo puede considerarse como “Volumen de asfalto influenciado”. Esto significa que este volumen de asfalto es consumido en cubrir la partícula y que no contribuye a la unión de la mezcla.

El segundo mecanismo explica que el filler influye sobre un volumen adicional del asfalto que no es absorbido.

Figura N° 1. Esquema de interacción Asfalto - Filler



Fuente: Sandoval 2009, Estudio del comportamiento reológico del mastico mediante reómetro o corte dinámico, México.

En la figura 01, la influencia del filler se refleja en el aumento de la resistencia de la segunda capa no absorbida a través de un gradiente con el aumento de resistencia máximo cercano a la capa absorbida, y la resistencia decrece gradualmente a través del espesor de esta capa hasta casi desaparecer. Las fracciones “a”, “b” y “c”, como se muestra en la figura anterior, son consideradas como una unidad incluida en la matriz de asfalto, como una partícula de resistencia efectiva. Estas unidades flotan en un exceso de asfalto causando este aumento en la resistencia. Este exceso es llamado “Asfalto libre”.

En resumen, podemos decir que lo establecido por la teoría de Tunnicliff, establece que debido a la interacción asfalto – filler, existe un volumen efectivo de vacíos rellenos y que de manera general la mezcla obtiene una mejora estructural actuando como una unidad.

2.2.4.3. Tipos de filler

Según el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales Para la Construcción EG -2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se pueden utilizar como filler la cal hidratada, cemento portland, polvo de roca, polvo de escoria, ceniza fina o loes.

Los más usados son:

a. Cal Hidratada

Polvo seco, obtenido al tratar cal viva con la suficiente agua para satisfacer su afinidad química, provocando su hidratación. Consisten esencialmente en hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) o una mezcla de hidróxido de calcio, óxido de magnesio (MgO) e hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). Junto con la cal viva, la cal hidratada es la más utilizada para la estabilización. Su principal ventaja es que ofrece menos peligro durante su transporte, manejo y utilización. Por razones ecológicas, en general no es aceptable utilizar cal viva. Se emplea preferentemente como cal apagada y en lechada, excepto cuando se requiere disminuir el contenido de agua de los suelos.

b. Cemento Portland

El cemento Portland es un conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón. Es el más usual en la construcción y es utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón (llamado concreto en Hispanoamérica).

Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes.

2.2.4.4. Polvo de ladrillo como filler o relleno mineral

a. Definición de ladrillo

El ladrillo se define como un bloque de concreto o cerámica cocido empleado en la construcción y para revestimiento decorativos. Su forma es la de un prisma rectangular.

Según Norma E.070 en el R.N.E lo define: Unidad de albañilería que se maneja con una sola mano.

Materia prima: Arcilla, Concreto de cemento Portland, Sílice cal. Se forma mediante moldeo compactado o por extrusión. En forma artesanal es quemado en hornos a leña o carbón. En forma industrial es quemado con temperatura controlada en hornos tipo túnel.

b. Clasificación del ladrillo

Según Norma E.070 en el R.N.E los clasifica:

Ladrillos silico - calcárea

Se producen industrialmente, las materias primas que lo componen son usualmente arena fina relativamente fina, con alto contenido de sílice en capacidad de reaccionar (70 a 80%) y cal viva finamente molida con valores intermedios de CaO activo (70 a 80%).

Ladrillo perforado: Que son todos aquellos que tienen perforaciones en la tabla que ocupen más del 10% de la superficie de la misma. Muy popular para la ejecución de fachadas de ladrillo visto.

Ladrillo aplantillado: Este tipo de ladrillo posee un perfil curvo, esta forma una moldura corrida al colocar una hilada de ladrillo, habitualmente llamado a sardinel. Este nombre se origina de las plantillas que empleaban los canteros para labrar las piedras, y que se aplicaban para dar la mencionada forma al ladrillo.

Ladrillo macizo: Aquellos con menos de un 10% de perforaciones en la tabla. Algunos modelos presentan rebajes en dichas tablas y en las testas para ejecución de muros sin llagas.

Ladrillo de arcilla calcinada: Deben ser bloques primaticos, con masa solida del 15% o más de su volumen nominal por una mezcla principalmente de arcilla o suelos arcillosos, con pequeñas proporciones de agregados finos, debidamente dosificados; mezclada la masa con agua, compactada, moldeada y calcinada en forma integral.

Los huecos verticales en un ladrillo portante, distribuye el peso de la estructura y lo hace más resistente, debido a este valioso aporte a la edificación de viviendas y construcción

en general, las paredes son estructurales, debido a que la mezcla o mortero al penetrar en las perforaciones de los ladrillos amarran cada módulo, transformando la pared edificada en un elemento estructural soportando un alto grado de vibración en casos de movimientos sísmicos.

Ladrillo perforado: Que son todos aquellos que tienen perforaciones en la tabla que ocupen más del 10% de la superficie de la misma. Muy popular para la ejecución de fachadas de ladrillo visto.

Ladrillo macizo: Aquellos con menos de un 10% de perforaciones en la tabla. Algunos modelos presentan rebajes en dichas tablas y en las testas para ejecución de muros sin llagas.

Ladrillo tejar o manual: Simulan los antiguos ladrillos de fabricación artesanal, con apariencia tosca y caras rugosas. Tienen buenas propiedades ornamentales.

Ladrillo hueco: Son aquellos que poseen perforaciones en el canto o en la testa, que reducen el volumen de cerámica empleado en ellos. Son los que se usan para tabiquería que no vaya a sufrir cargas especiales.

c. Cualidades del ladrillo

La cualidad más remarcable de las unidades de albañilería silico – calcáreas es la reducida variabilidad de todas sus características, dimensiones, resistencia, absorción, succión, etc.

Según la norma de INDECOPI determina su resistencia:

Todos estos tipos de unidades de albañilería se pueden obtener en calidad tipo IV (resistencia: 135 Kg/cm²) o V (resistencia: 180 Kg/cm²) pero igualmente en calidad extra, en forma estándar es de 200 Kg/cm²

d. Proceso de densificación del ladrillo

Xavier Elías en La Cocción Cerámica, 2015 explica acerca:

Al someter a cocción las materias primas cerámicas, esas sufren unas transformaciones físico/químicas que modifican las características y propiedades de la pasta cerámica hasta transformarla en un producto, denominado cerámica. Los factores fundamentales que intervienen en la cocción son la temperatura, el tiempo y la atmosfera del horno.

De hecho, el objetivo último del proceso cerámico es conseguir aumentar la densidad de la pasta y conferirle una resistencia mecánica elevada. La elevación gradual de temperatura origina una serie de cambios en la morfología de la pasta cerámica. Clasificando los fenómenos en físicos y químicos.

1. Fenómenos físicos:

- **Dilatación térmica:** Aumento de volumen por la acción del calor; transformación que generalmente es isotrópico. Este fenómeno se mantiene mientras la temperatura va en aumento. Lo que sucede es que cuando la fase vítrea es muy importante, la introducción de esta en los intersticios existentes entre las partículas de arcilla reduce la porosidad y la suma algebraica dilatación/ contracción es favorable a esta última y, matemáticamente la dilatación es negativa.

- **Transformación alotrópica:** Como que acontece con el cuarzo, la cristobalita o la tridimita al pasar por las fases alfa (estables a baja temperatura) a la beta (estable a mayor temperatura). Todas estas transformaciones son reversibles, de ahí el nombre de alotrópicas y conllevan un aumento de volumen y una reducción cuando la reacción se invierte.

- **Producción de microgrietas:** A partir de un sinfín de mecanismos. Las microgrietas son más frecuentes cuando la cantidad de fase vítrea aumenta. Sobre todo en el enfriamiento cuando se produce la inversión alotrópica, un cambio brusco de volumen en el seno de una matriz bastante uniforme, puede dar lugar a una discontinuidad o grieta.

- **Densificación:** Mediante el fenómeno físico de la difusión de los compuestos puros, estos sufren un crecimiento de la estructura cristalina y desaparición progresiva de los huecos. En la densificación también están presentes fenómenos y algunos procesos químicos.

2. Procesos Químicos

- **Transformación de los silicatos:** Descomposición de los silicatos debido a la eliminación de agua. En pura ortodoxia la masa cerámica debería entrar seca en el horno, pero, en la realidad nunca es así. La eliminación del agua de humedad no altera el curso de la cocción, pero si puede afectar a la calidad de la pieza puesto que la salida de agua en el horno se realiza a cierta temperatura y es fácil que el agua hierva instantáneamente y ello provoque grietas o microgrietas.

La salida del agua ligada por adsorción, como la zeolítica o coloidal (que se evapora sobre los 175 – 200 °C) puede tener un efecto pernicioso, semejante al agua de humedad (la diferencia estriba en que el agua de humedad se puede, y debe eliminar siempre en el secadero, mientras que la zeolítica no es posible, por el rango de temperaturas).

El agua de constitución es la propiedad de los silicatos. Al llegar a cierta temperatura que varía en función del mineral de arcilla y del grado de cristalinidad del mineral, se rompe el retículo cristalino y el agua se libera, normalmente ello tiene lugar a partir de 500°C. Este proceso, a medio camino entre un fenómeno físico y un proceso químico, suele incluirse en entre estos últimos debido a que se trata de una descomposición que da lugar a otros compuestos. El resultado de este proceso es la creación de una fase desordenada, más reactiva (fase amorfa), con un gran aumento de la porosidad.

- **Transformación de impurezas:** Descomposición de los carbonatos (entre 800 a 900°C), carbonatos ferrosos, los hidróxidos aluminicos hidratados pasan a óxidos (alrededor de 300 °C), la materia orgánica se descompone gradualmente en atmosfera oxidante (entre 300 y 900°C), sulfatos de cal y magnesio, etc.

Casi todas las arcillas grasas contienen algo de materia orgánica en forma de pequeñas partículas de lignito. Con una elevación de la temperatura del orden de los 25 °C/h, la oxidación de completa antes de los 700 °C, si la atmosfera del horno es oxidante.

- **Creación de porosidad:** Por desintegración o transformación de algún mineral presente.

e. Curva de cocción del ladrillo

La humedad residual de secado se evapora en un margen de temperaturas que va desde la temperatura ambiente hasta los 100 °C. Esta humedad es la que ha podido absorber

también el material si ha estado almacenado y expuesto durante cierto tiempo a la atmosfera ambiental de la propia planta y se denomina agua o humedad higroscópica.

En teoría, la cocción no contempla la cantidad de agua que pueda contener la pasta. El material debe entrar en seco en el horno con un contenido de humedad que no provoque problemas. El factor determinante es la velocidad de cocción. Así en un ciclo lento, de hora, es permisible, la entrada de material con cantidades de agua elevadas. A medida que el ciclo se acorta también debe hacerlo la humedad residual. Ello debido a que si la pieza soporta un calentamiento brusco la evaporación de agua y la presión del vapor formado superan la resistencia mecánica de la pieza y esta estalla.

El agua que aún queda en las partículas de arcilla, llamada coloidal o zeolítica, se elimina entre los 100 y 250 °C. El adjetivo de zeolita proviene de una familia de minerales de arcilla que contiene este tipo de agua en forma de agua de constitución.

Casi todas las arcillas tienen materia orgánica que se oxidara en una etapa posterior que va desde los 350 a los 650 °C. Esto, efectivamente será así, si las condiciones de la atmosfera reinante en el horno lo permiten (en la medida que la arcilla contenga materia orgánica es indispensable asegurar un gran exceso de aire para favorecer la oxidación). Sin embargo, el factor que más determina el comportamiento de la eliminación de los restos orgánicos es la distribución granulométrica de la pasta.

Si el tamaño de grano es fino, circunstancia muy habitual en las barbotinas, es muy difícil la penetración del oxígeno, y o bien la oxidación se prolonga más allá de los 1000 °C o bien queda resto de carbono (en forma de coque) en la masa. En todos los diseños de curvas de cocción se procura que exista una zona de estabilización de la temperatura, alrededor de los 700 °C, para favorecer la oxidación.

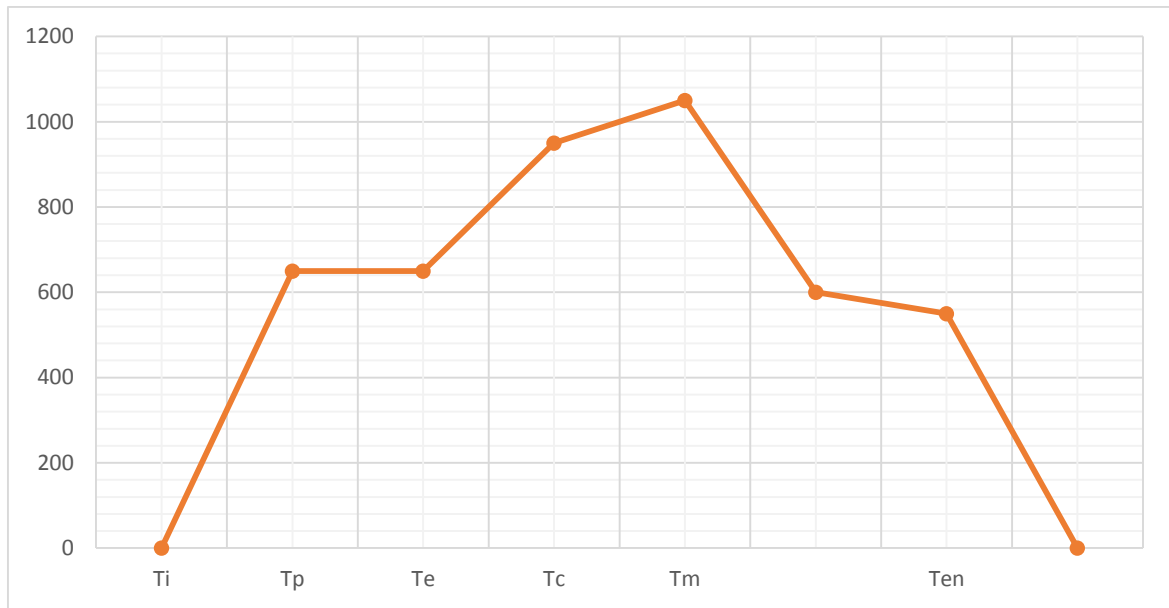
Paralelamente, entre los 400 y los 650 °C, hay una rotura de enlaces que se traduce en liberación de vapor del agua de constitución. A partir de este momento el mineral de arcilla se torna reactivo y se acelera la destrucción de la red cristalina hasta la segregación de los componentes elementales. En términos cerámicos esto significa que se separan los óxidos, principalmente el SiO₂ y el Al₂O₃. A diferencia del caso anterior de la eliminación de la materia orgánica, la curva de cocción no debe ajustarse a este fenómeno.

La inmensa mayoría de arcilla de interés cerámico tiene cuarzo libre. A 573 °C hay una brusca transformación del cuarzo α, fase estable a baja temperatura a cuarzo β, o fase estable a mayor temperatura. Estas transformaciones no suponen ningún problema en la etapa de precalentamiento, no así en la de enfriamiento sobre todo cuando la pasta tiene una elevada cantidad de fase vítrea, como es el caso del gres o la porcelana. En este caso ha de ralentizarse la velocidad de enfriamiento para dar tiempo a que la inversión alotrópica se realice de manera gradual y homogénea.

Posteriormente, entre los 750 y 950 °C, se produce una descomposición de carbonatos alcalinotérreos, si la arcilla los contiene, con liberación de anhídrido carbónico. La cocción continúa a partir de los 850 °C, o mayor temperatura en función de la mineralogía presente, empezándose a formar la fase vítrea.

Esta etapa es la consolidación del material cerámico y la curva de cocción ha de amoldarse a la generación de líquido. Este comienza siendo muy viscoso, pero a medida que aumenta la temperatura, disminuye la viscosidad y se va introduciendo en los poros produciendo la contracción.

Grafico 01: Correlación entre la elevación entre la temperatura y la aparición de fenómenos expuestos.



Fuente: FUNIBER, 2015

Ti: Temperatura de entrada

Te: Temperatura de estabilización

Tm: Temperatura de maduración

Tp: Temperatura de precalentamiento

Tc: Temperatura de Calentamiento

Ten: Temperatura de enfriamiento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Construcción

3.1.2. Hipótesis

La cal hidratada y el polvo de ladrillo como relleno mineral afectarán las propiedades de una mezcla asfáltica.

3.1.3. Diseño de contrastación de Hipótesis

- De acuerdo al diseño de investigación es experimental. Requiere de una descripción del análisis del tema a investigar mediante recolección de datos.
- De acuerdo al fin que se persigue es aplicada. Se utilizan los conocimientos obtenidos en la carrera de Ingeniería Civil

3.1.4. Variables

Independientes: Uso de Cal hidratada y polvo de ladrillo como relleno mineral.

Dependientes: Mezcla asfáltica y sus componentes

3.1.5. Población y muestra

No existe una población específica en esta investigación, sin embargo, se considerará la cal hidratada y el polvo de ladrillo como muestra de análisis, por ser el objeto de estudio del presente proyecto.

3.1.6. Métodos y técnicas de recolección de datos

Métodos:

3.1.6.1. Fases realizadas para el desarrollo de la investigación

La primera fase de la investigación es la elaboración de una mezcla asfáltica convencional, para ello fue necesario realizar ensayos previos a los componentes que conforman una mezcla asfáltica, estos son Piedra chancada de ¾" TMN 1/2", Arena chancada ¼", Arena zarandeada 3/8", Cal hidratada y PEN 60/70; todo esto nos permitió obtener el óptimo contenido de cemento asfáltico en porcentaje. Siendo estos ensayos desarrollados con materiales de la "Corporación Asfaltos y Pavimentos Castillo" ubicado en el Distrito de Manuel Antonio Mesones Muro, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque; en el laboratorio "Servicio de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C" ubicado en el distrito de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Los ensayos realizados para el agregado grueso fueron los siguientes:

- Análisis Granulométrico De Agregados Gruesos Y Finos AASHTO T-27, ASTM D422 (MTC E 107-2000)

- Ensayo De Abrasión Por Medio De La Máquina De Los Ángeles ASTM C-131 y ASTM C-535 (MTC E 207 – 2000).
- Gravedad Específica Y Absorción De Agregados Gruesos, ASTM C-127 y AASHTO T-85 (MTC E 206 – 2000).
- Porcentaje De Caras Fracturadas ASTM D-5821 (MTC E210 – 2000).
- Determinación De Partículas Chatas Y Alargadas ASTM D-4791 (MTC E 221 – 2000).
- Contenido De Sales Solubles En Agregados (MTC E 219 – 2000).
- Ensayo De Durabilidad ASTM C-88

Los ensayos realizados para el agregado fino fueron los siguientes:

- Análisis Granulométrico De Agregados Gruesos Y Finos AASHTO T-27, ASTM D422 (MTC E 107-2000)
- Ensayo De Equivalente De Arena ASTM D 2419, AASHTO T 176 (MTC E 114 – 2000).
- Gravedad Específica En Agregados Finos, ASTM C-128
- Angularidad Del Agregado Fino (MTC E 222 – 2000).
- Índice De Plasticidad (MALLA N°40) ASTM D 4318, AASHTO T 90 (MTC E 111 – 2000).
- Adhesividad De Los Ligantes Bituminosos A Los Áridos Finos (Procedimiento Riedel - Weber) (MTC E 220 – 2000).
- Contenido De Sales Solubles En Agregados (MTC E 219 – 2000).
- Ensayo De Durabilidad ASTM C-88

Los ensayos realizados para el relleno mineral o filler fueron los siguientes:

- Índice De Plasticidad (MALLA N°200) ASTM D 4318, AASHTO T 90, 89 (MTC E 111 y MTC E 100 – 2000).
- Materiales Deletéreos (Azul Metileno) AASHTO TP 57

Los ensayos realizados para el cemento asfáltico fueron los siguientes:

- Ensayo De Penetración De Materiales Asfálticos ASTM D-5, AASHTO T 49 (MTC E 304 – 2000)

Y de los ensayos realizados para la mezcla asfáltica utilizando como relleno mineral cal hidratada, se escogió el método Marshall:

- Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall ASTM D 1559, AASHTO T 245, NLT 159/86 (MTC E 504)

En el desarrollo de la segunda fase, se elaboraron briquetas con polvo de ladrillo como material rellenedor o filler, siendo este procedente de material reciclado, exactamente de los desmontes (Residuos de la Construcción o Demolición) que se encuentran en la Provincia de Chiclayo y sus afueras, como carretera Pimentel, Monsefú y Pomalca.

Ya una vez obtenido el óptimo porcentaje de C.A se comenzó con la elaboración de briquetas remplazando el filler, en este caso la cal hidratada por el polvo de ladrillo, se realizaron 18 briquetas (3 por cada variación de porcentaje) variando el porcentaje de polvo de ladrillo sobre el porcentaje de 2% de la mezcla obtenido en el diseño. Los porcentajes utilizados con la relación cal – ladrillo fueron 80% - 20%, 60% - 40%, 50% - 50%, 40% - 60%, 20% - 80% y 100% polvo de ladrillo. Estas fueron ensayadas por Marshall para determinar con qué porcentaje trabaja mejor la mezcla y para hacer un comparativo entre el convencional y el modificado.

La elaboración de briquetas se realizó en el laboratorio de suelos de la facultad de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, ubicada en el distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque. Y lo rotura de briquetas en la prensa Marshall se realizó en el laboratorio de Pavimentos de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán, ubicada en el distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

En el desarrollo de la tercera parte de la investigación se elaboraron briquetas con un porcentaje de filler del 2% del total de peso de la briketa (1200 kg), siendo en su totalidad polvo de ladrillo. La Elaboración de las briquetas se realizó con muestras de Residuos de Construcción y Demolición ubicados en diferentes puntos de la ciudad de Chiclayo; siendo el primer punto ubicado en la salida de Chiclayo hacia Pimentel denominado “Residuos 1”; el segundo punto ubicado en la salida de Chiclayo hacia Pomalca denominado “Residuos 2” y por último el tercer punto ubicado en la Victoria denominado “Residuos 3” (Ver anexo 3.2). Además, se optó por seleccionar dos ladrilleras al azar que son Cerámicos Sol del Norte y Cerámicos Lambayeque ambas ubicadas en el departamento de Lambayeque, el recojo de estas muestras se ha hecho en sus sedes distribuidoras ubicadas en Villa Hermosa salida a carretera Ferreñafe y en la entrada de la UPIS Miraflores, carretera Pomalca; respectivamente.

De igual manera que la fase dos se elaboró las briquetas en el laboratorio de suelos de la facultad de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, ubicada en el distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque. Y lo rotura de briquetas en la prensa Marshall se realizó en el laboratorio de Pavimentos de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán, ubicada en el distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

En la cuarta parte se elaboró briquetas con polvo de ladrillo como material rellenedor o filler, con la finalidad de determinar el óptimo porcentaje (%) de cemento asfáltico y comparar si varía en relación al del porcentaje obtenido en el diseño de mezcla asfáltica convencional elaborado en la primera fase. Se elaboraron briquetas con porcentajes de cemento asfáltico que variaban desde 4.5% hasta un 6.5%, cada 0.5% y 3 briquetas por cada porcentaje.

Al igual manera que las fases anteriores se elaboró las briquetas en el laboratorio de suelos de la facultad de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, ubicada en el distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de

Lambayeque. Y la rotura de briquetas en la prensa Marshall se realizó en el laboratorio de Pavimentos de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán, ubicada en el distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

En la quinta y última fase se realizaron los ensayos para medir la durabilidad de las mezclas asfálticas por el Método UCL, donde se expusieron las briquetas a diferentes condiciones para simular cambios de temperatura y exposición al agua. Este método divide el trabajo en 3 partes, fue desarrollado en el laboratorio de suelos de la facultad de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, ubicada en el distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

- Ensayo Cántabro de desgaste de mezclas asfálticas: se realizaron 2 briquetas con el diseño convencional y 2 briquetas reemplazando el filler por polvo de ladrillo; en ambos casos con peso 1200 gr. Estas briquetas fueron ensayadas en la máquina de los Ángeles sin ser sometida a ningún cambio de temperatura.

- Adhesividad en seco y tras inmersión: Se realizaron 8 briquetas. Cuatro (4) briquetas para el ensayo en la Máquina de los Ángeles en seco después de someterlas por 24 horas a una temperatura constante de 25°C. Las cuatro (4) briquetas restantes se sumergieron por 24 horas a 60 °C en baño María, una vez pasadas las 24 horas se dejaron secando por 24 horas más a 25 °C temperatura constante, pasado ese tiempo se ensayaron en la máquina de los Ángeles con 300 revoluciones.

- Susceptibilidad térmica: Se realizaron 12 briquetas (6 briquetas con cal hidratada como filler y 6 briquetas con polvo de ladrillo como filler), se han tomado 3 estados de temperatura teniendo como referencia las temperaturas más bajas y más altas que se llega en la ciudad de Chiclayo, siendo estas 15 °C, 25 °C y 40 °C. Se dejaron a las temperaturas indicadas por 24 horas para luego ser sometidas a la máquina de los Ángeles con 300 revoluciones cada una para determinar el porcentaje de pérdida.

3.1.6.2. Ensayos realizados para el desarrollo de la investigación

a. Método de Marshall del diseño de mezclas ASTM D 1559, AASHTO T 245, NLT 159/86 (MTC E 504)

El primer paso en el método de diseño es determinar las cualidades (estabilidad, durabilidad, trabajabilidad, resistencia al deslizamiento, etc.) que debe tener la mezcla de pavimentación y seleccionar un tipo de agregado y un tipo compatible de asfalto que puedan combinarse para producir esas cualidades. Una vez hecho esto, se puede empezar con la preparación de los ensayos.

b. Selección de las muestras de material

La primera preparación para los ensayos consta de reunir muestras del asfalto y del agregado que va a ser usados en la mezcla de pavimentación. Es importante que las muestras de asfalto tengan características idénticas a las del asfalto que va a ser usado en la mezcla final. Lo mismo debe ocurrir con las muestras de agregado.

Una amplia variedad de problemas graves, que van desde una mala trabajabilidad de la mezcla hasta una falla prematura del pavimento, son el resultado histórico de variaciones

ocurridas entre los materiales ensayados en el laboratorio y los materiales usados en la realidad.

c. Preparación del agregado

La relación viscosidad-temperatura del cemento asfáltico que va a ser usado debe ser ya conocida para establecer las temperaturas de mezclado y compactación en el laboratorio. En consecuencia, los procedimientos preliminares se enfocan hacia el agregado, con el propósito de identificar exactamente sus características. Estos procedimientos incluyen secar el agregado, determinar su peso específico, y efectuar un análisis granulométrico por lavado.

• Secado el Agregado

El Método Marshall requiere que los agregados ensayados estén libres de humedad, tan práctico como sea posible. Esto evita que la humedad afecte los resultados de los ensayos. Una muestra de cada agregado a ser ensayado se coloca en una bandeja, por separado, y se calienta en un horno a una temperatura de 110° C (230°F). Después de cierto tiempo, la muestra caliente se pesa y, se registra su valor.

La muestra se calienta completamente una segunda vez, y se vuelve a pesar y a registrar su valor. Este procedimiento se repite hasta que el peso de la muestra permanezca constante después de dos calentamientos consecutivos, lo cual indica que la mayor cantidad posible de humedad se ha evaporado de la muestra.

• Análisis granulométrico por vía húmeda

El análisis granulométrico por vía húmeda es un procedimiento para identificar las proporciones de partículas de tamaño diferente en las muestras del agregado. Esta información es importante porque las especificaciones de la mezcla deben estipular las proporciones necesarias de partículas de agregado de tamaño diferente, para producir una mezcla en caliente final con las características deseadas.

El análisis granulométrico por vía húmeda consta de los siguientes pasos:

1. Cada muestra de agregado es secada y pesada.
2. Luego de cada muestra es lavada a través de un tamiz de 0.075 mm (N° 200), para remover cualquier polvo mineral que este cubriendo el agregado.
3. Las muestras lavadas son secadas siguiente el procedimiento de calentado y pesado descrito anteriormente.
4. El peso seco de cada muestra es registrado. La cantidad de polvo mineral puede ser determinada si se comparan los pesos registrados de las muestras antes y después del lavado.
5. Para obtener pasos detallados del procedimiento referirse a la norma AASHTO T 11.

• Determinación del Peso Específico

El peso específico de una sustancia es la proporción peso - volumen de una unidad de esa sustancia comparada con la proporción peso - volumen de una unidad igual de agua. El peso específico de una muestra de agregado es determinado al comparar el peso de un volumen dado de agregado con el peso de un volumen igual de agua, a la misma temperatura. El cálculo del peso específico de la muestra seca del agregado establece un

punto de referencia para medir los pesos específicos necesarios en la determinación de las proporciones de agregado, asfalto, y vacíos que van a usarse en los métodos de diseño.

d. Preparación de las muestras (probetas) de ensayo

Las probetas de ensayo de las posibles mezclas de pavimentación son preparadas haciendo que cada una contenga una ligera cantidad diferente de asfalto. El margen de contenidos de asfalto usado en las briquetas de ensayo está determinado con base en experiencia previa con los agregados de la mezcla. Este margen le da al laboratorio un punto de partida para determinar el contenido exacto de asfalto en la mezcla final. La proporción de agregado en las mezclas está formulada por los resultados del análisis granulométrico.

Las muestras son preparadas de la siguiente manera:

1. El asfalto y el agregado se calientan completamente hasta que todas las partículas del agregado estén revestidas. Esto simula los procesos de calentamiento y mezclado que ocurren en la planta.
2. Las mezclas asfálticas calientes se colocan en los moldes precalentados Marshall como preparación para la compactación, en donde se usa el martillo Marshall de compactación, el cual también es calentado para que no enfríe la superficie de la mezcla al golpearla.
3. Las briquetas son compactadas mediante golpes del martillo Marshall de compactación. El número de golpes del martillo (35, 50 o 75) depende de la cantidad de tránsito para la cual está siendo diseñada. Ambas caras de cada briketa reciben el mismo número de golpes. Así, una probeta Marshall de 35 golpes recibe, realmente un total de 70 golpes. Una probeta de 50 golpes recibe 100 impactos. Después de completar la compactación las probetas son enfriadas y extraídas de los moldes.

e. Procedimiento de ensayo Marshall

Existen tres procedimientos de ensayo en el método del ensayo Marshall. Estos son: determinación del peso específico total, medición de la estabilidad Marshall, y análisis de la densidad y el contenido de vacíos de las probetas.

- **Determinación del peso específico-total**

El peso específico total de cada probeta se determina tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad-vacíos. El peso específico total se determina usando el procedimiento descrito en la norma AASHTO T 166.

- **Ensayo de estabilidad y fluencia**

El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga que ocurre en la mezcla.

El procedimiento de los ensayos es el siguiente:

1. Las probetas son calentadas en el baño de agua a 60° C (140° F). Esta temperatura representa, normalmente, la temperatura más caliente que un pavimento en servicio va a experimentar.
2. La probeta es removida del baño, secada, y colocada rápidamente en el aparato Marshall. El aparato consiste de un dispositivo que aplica a una carga sobre la probeta y de unos medidores de carga y deformación (fluencia).

3. La carga del ensayo es aplicada a la probeta a una velocidad constante de 51 mm (2 pulgadas) por minuto hasta que la muestra falle. La falla está definida como la carga máxima que la briqueta puede resistir.
4. La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de fluencia se registra como la fluencia.

- Valor de estabilidad Marshall

El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. Durante un ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, los cabezales superior e inferior del aparato se acercan, y la carga sobre la briqueta aumenta al igual que la lectura en el indicador del cuadrante. Luego se suspende la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de Estabilidad Marshall.

Debido a que la estabilidad Marshall indica la resistencia de una mezcla a la deformación existe una tendencia a pensar que, si un valor de estabilidad es bueno, entonces un valor más alto será mucho mejor.

- Valor de fluencia Marshall

La fluencia Marshall, medida en centésimas de pulgada representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro vertical de la briqueta.

• Análisis de densidad y vacíos

Una vez que se completan los ensayos de estabilidad y fluencia, se procede a efectuar un análisis de densidad y vacíos para cada serie de Probetas de prueba. El propósito del análisis es el de determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada.

- Análisis de vacíos

Los vacíos son las pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto. El porcentaje de vacíos se calcula a partir del peso específico total de cada probeta compactada y del peso específico teórico de la mezcla de pavimentación (sin vacíos).

Este último puede ser calculado a partir de los pesos específicos del asfalto y el agregado de la mezcla, con un margen apropiado para tener en cuenta la cantidad de asfalto absorbido por el agregado, o directamente mediante un ensayo normalizado (AASHTO T 2091) efectuado sobre la muestra de mezcla sin compactar. El peso específico total de las probetas compactadas se determina pesando las probetas en aire y en agua.

a. Análisis de Peso Unitario

El peso unitario promedio para cada muestra se determina multiplicando el peso específico total de la mezcla por 1000 Kg/m³ (62.4 lb/ft³).

b. Análisis de VMA

Los vacíos en el agregado mineral, VMA, está definidos por el espacio intergranular de vacíos que se encuentra entre las partículas de agregado de la mezcla de pavimentación compactada, incluyendo los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto, y se expresan como un porcentaje del volumen total de la mezcla.

El VMA es calculado con base en el peso específico total del agregado y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla compactada. Por lo tanto, el VMA puede ser calculado al restar el volumen de agregado (determinado mediante el peso específico total del agregado) del volumen total de la mezcla compactada.

c. Análisis de VFA

Los vacíos llenos de asfalto, VFA, son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (VMA) que se encuentran llenos de asfalto. El VMA abarca asfalto y aire, y, por lo tanto, el VFA se calcula al restar los vacíos de aire de VMA, y luego dividiendo por el VMA, y expresando el valor final como un porcentaje.

Tabla N° 8. Requerimientos para el Método Marshall

Método de Marshall	Tráfico ligero	Tráfico Mediano	Tráfico pesado
	Carpeta y base	Carpeta y base	Carpeta y base
Criterio de Mezcla	C	B	A
Compactación, número de golpes en cada uno de los especímenes	35	50	75
Estabilidad	4.53 kN	5.44 kN	8.15 kN
Flujo 0.01” (0.25 mm)	8 - 14	8 - 16	8 – 20
Porcentaje de vacíos con aire (MTC E 505)	3 - 5	3 – 5	3 - 5
Vacíos en el agregado mineral	10 min	12 min	14 min
Resistencia conservada en la Prueba de Tracción indirecta (LOTTMAN)	80 % min.		
Índice de Rigidez	1700 – 4000 Kg		

Fuente: Manual de Carreteras – Especificaciones técnicas para construcción (EG-2013)

Fuentes

- Se realizará la recopilación de información sobre los antecedentes encontrados y publicaciones en artículos científicos del tema.
- Manual Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001
- Manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013
- Ley general del ambiente.

Instrumentos

- **Programas de cómputo**

Microsoft Office: Excel 2013, Word 2013, Power Point 2013

- **Ensayos realizados para el agregado grueso**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS AASHTO T-27, ASTM D422 (MTC E 107-2000)

El objetivo es determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada. Determinar la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

Equipos de laboratorio

1. Balanza OHAUS EB Series 30 kg x 0.001 kg , con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada,
2. Tamices W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH), seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado
3. Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110° +/- 5°C

Procedimiento

- a. Seleccionar un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar. Colocar los tamices en orden, por tamaño de abertura.
- b. Limitar la cantidad de material en un tamiz dado, de tal forma que todas las partículas puedan alcanzar las aberturas del tamiz durante la operación del tamizado.
- c. Determinar el peso de la muestra retenida en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en la norma.
- d. El peso total del material después del tamizado, debe ser comparado con el peso original que se ensayó. Si la cantidad difiere en más de 0.3%, basado en el peso de la muestra seca original, el resultado no debe ser aceptado.

Figura N° 2. Tamizado del agregado grueso



Fuente: Propia, 2016

ENSAYO DE ABRASIÓN POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES ASTM C-131 y ASTM C-535 (MTC E 207 – 2000).

El objetivo es determinar la resistencia al desgaste de los agregados naturales o triturados, empleando la máquina de los Ángeles con una carga abrasiva.

Equipos de laboratorio

1. Balanza OHAUS EB Series 30 kg x 0.001 kg, que permita la determinación del peso con aproximación de 1g.
2. Estufa, que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 +/- 5°C
3. Tamices W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH)
4. Máquina de los Ángeles ELE Modelo: 42- 5305/06 de 33 RPM: la máquina para el ensayo de desgaste de los Ángeles consiste en un cilindro hueco, de acero, con una longitud interior de 508 +/- 5 mm y un diámetro, también interior de 711 +/- 5mm.
5. Carga abrasiva, consiste en esferas de acero o de fundición, de un diámetro entre 46.38 mm y 47.63 mm y un peso comprendido entre 390 y 445 g.

Procedimiento

- a. La muestra y la carga abrasiva correspondiente se colocan en la máquina de los Ángeles, y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm; el número total de vueltas deberá ser 500. La máquina deberá girar de manera, uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del cilindro y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, en el tamiz #12. La fracción fina que pasa se tamiza a continuación empleando el tamiz # 12. El material más grueso que el tamiz # 12 se lava, se seca al horno, a una temperatura comprendida entre 105 a 110° C, hasta peso constante, y se pesa con precisión de 1g.
- b. Cuando el agregado esté libre de costras o de polvo, puede eliminarse la exigencia del lavado antes y después del ensayo. La eliminación del lavado posterior, rara vez reducirá la pérdida medida en más del 0.2% del peso de la muestra original.

Tabla N° 9. Carga Abrasiva según la Granulometría

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Peso Total g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: MTC E 207 – 2000

Tabla N° 10. Granulometría del A.G para ensayo

Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra de ensayo (g)			
mm	(alt)	mm	(alt)	A	B	C	D
37.5	1 ½"	-25.0	1"	1250 ± 25			
25.0	1"	-19.0	¾"	1250 ± 25			
19.0	¾"	-12.5	½"	1250 ± 10	2500 ± 10		
12.5	½"	-9.5	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
9.5	3/8"	-6.3	¼"			2500 ± 10	
6.3	1 ¼"	-4.75	N° 4			2500 ± 10	
4.75	N° 4	-2.36	N° 8				5000 ± 10
Totales				5000 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: MTC E 207 – 2000

Figura N° 3. Máquina de los Ángeles



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 4. Abrasión del Agregado Grueso en la Máquina de los Ángeles



Fuete: Propia, 2016

Figura N° 5. Material después del proceso de abrasión



Fuente: Propia, 2016

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS, ASTM C-127 y AASHTO T-85 (MTC E 206 – 2000).

Consiste en determinar los pesos específicos aparentes y nominal, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en el agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm (tamiz N° 4)

Equipos de laboratorio

1. Balanza OHAUS EB Series 30 kg x 0.001 kg, con capacidad igual o superior a 5000 g, según el tamaño de la muestra para ensayo, con sensibilidad de 0.5 g para pesos hasta 5000 g, o 0.0001 veces el peso de la muestra, para pesos superiores.
2. Canastillas metálicas, como recipientes para las muestras en las pesadas sumergidas. Se dispondrá de dos tipos de canastillas metálica, de aproximadamente igual base y altura. Para agregados con tamaño máximo inferior a 38 mm (1 ½”) se utilizarán canastillas con capacidades de 4 a 7 dm³ y para tamaños superior canastillas con capacidades de 8 a 16 dm³ (litros).
3. Dispositivo de suspensión. Se utilizará cualquier dispositivo que permita suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergidas.

Procedimiento

- a. Más o menos 5 kg lavados y retenidos en la malla N°4 (4.75 mm), se secan a peso constante.
- b. La muestra seca se sumerge por 24 horas en agua.
- c. Los agregados se sacan del agua.
- d. Se obtiene el peso de la muestra en su condición superficialmente seca.
- e. La muestra saturada superficialmente seca se coloca en una cesta de alambre y se determina el peso sumergido en agua.
- f. La muestra se seca al horno hasta obtener peso constante.
- g. La gravedad específica se calcula según:
A: peso en el aire del agregado seco al horno, gr.
B: peso en el aire del agregado saturado superficialmente seco, gr.
C: peso del agregado saturado superficialmente seco sumergido en agua, gr.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico Nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Tabla N° 11. Peso de la muestra según tamaño máximo nominal

Tamaño máximo nominal		Cantidad mínima de la muestra
mm	pulg	Kg
Hasta 12.5	½	2
19.0	¾	3
25.0	1	4
37.5	1 ½	5
50.0	2	8
63.0	2 ½	12
75.0	3	18
90.0	3 ½	25

Fuente: MTC E 206 – 2000

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS ASTM D-5821 (MTC E210 – 2000).

Su objetivo es determinar el porcentaje, en peso, del material que presente una, dos o más caras fracturadas de las muestras de agregados pétreos.

Equipos de laboratorio

1. Balanza OHAUS EB Series 30 kg x 0.001 kg. Con 5000 g de capacidad y aproximación de 1 g.
2. Tamices W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH), de 37.5 mm (1 ½”), 25.0 mm (1”), 19.0 mm (¾”), 12.5 mm (½”) y 9.5 mm (3/8”).
3. Cuarteador, para la obtención de muestras representativas.
4. Espátula, para separar los agregados.

Procedimiento

- a. Extender la muestra en un área grande, para inspeccionar cada partícula. Si es necesario lávese el agregado sucio. Esto facilitará la inspección y detección de las partículas fracturadas.
- b. Prepare tres recipientes: sepárese con espátula, las partículas redondeadas y las que tengan una, o más de dos caras fracturadas. Se una partícula de agregado redondeada presenta una fractura muy pequeña, no se clasificará como “partícula fracturada”. Una

partícula se considerará como fracturadas cuando un 25% o más del área de la superficie aparece fracturada.

- c. Pesar los dos recipientes con las partículas fracturadas. Tener en cuenta la suma del peso de los dos recipientes, cuando termine las partículas con una sola cara fracturada.

Tabla N° 12. Requerimiento para caras fracturadas

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Espesor de capa	
	< 100 mm	> 100 mm
≤ 3	65 / 40	50 / 30
> 3 – 30	85 / 50	60 / 40
> 30	100 / 80	90 / 70

Nota: La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

Fuente: Manual de carreteras-Especificaciones Técnicas para construcción- EG-2013.

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS ASTM D-4791 (MTC E 221 – 2000).

Determina los índices de aplanamiento y de alargamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

Equipos de laboratorio

1. Calibradores metálicos, uno de ranuras (calibrador de espesores) y otro de barras (calibrador de longitudes), cuyas dimensiones estarán de acuerdo con lo especificado.
2. Tamices W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH)
3. Balanza OHAUS, con una sensibilidad de 0.1% el peso de la muestra de agregados que se ensaya.
4. Equipo misceláneo: cuarteador de agregados, bandejas, etc.

Procedimiento

- a. Para separar el material de forma aplanada de cada una de las fracciones de ensayo, se hace pasar cada partícula en el calibrador de aplanamiento por la ranura cuya abertura corresponda a la fracción que se ensaya.
- b. La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa por la ranura correspondiente se pesa (Pi).
- c. Para separar el material de forma alargada de cada una de las fracciones de ensayo, se hace pasar cada partícula en el calibrador de alargamiento por la separación entre barras correspondiente a la fracción que se ensaya.
- d. La cantidad total de las partículas de cada fracción retenida entre dos barras correspondientes se pesa (Pai).

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS (MTC E 219 – 2000).

El objetivo es determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en base a las mezclas bituminosas. Este método sirve para efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de existencia de sales

Equipos de laboratorio

1. Balanza OHAUS sensibilidad de 0.01 gramo
2. Mecheros
3. Matraces aforados
4. Vasos de precipitado
5. Pipetas
6. Solución de Nitrato de Plata
7. Solución de Cloruro de Bario
8. Agua destilada
9. Estufa
10. Tubos de ensayo

Procedimiento

- a. Secar la muestra en horno a 110 +/- 5°C hasta peso constante. Registrar esta masa como A
- b. Colocar la muestra en un vaso precipitado, agregar agua destilada en volumen suficiente para cubrir 3 cm sobre el nivel de la muestra y calentar hasta ebullición
- c. Agitar durante 1 minuto. Repetir la agitación, a intervalos regulares, hasta completar cuatro agitaciones en un periodo de 10 minutos.
- d. Decantar mínimo 10 minutos hasta que el líquido se aprecie transparente, y transija el líquido sobrenadante a otro vaso. Determinar en forma separada, en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos. La presencia de cloruros se detecta con unas gotas de Nitrato de Plata formándose un precipitado blanco de cloruro de Plata, la de sulfatos con unas gotas de cloruro de Bario dando un precipitado blanco de Sulfato de Bario.
- e. Todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez enfriados, se vacían a un matraz aforado y se enrasa con agua destilada. En caso de tener un volumen superior, concentrar mediante evaporación. Registrar el aforo como B
- f. Tomar una alícuota de un volumen entre 50 y 100 ml, de la muestra previamente homogeneizada, del matraz aforado y registrar su volumen como C
- g. Cristalizar la alícuota en un horno a 100 +/- 5°C hasta masa constante y registrar dicha masa como D.

$$\% \text{ Sales Solubles} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B}} \times 100$$

ENSAYO DE DURABILIDAD ASTM C-88

Su objetivo es determina la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio. Este método suministra información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos.

Equipos de laboratorio

1. Tamices W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH), especificados en los siguientes cuadros.

Tabla N° 13. Tamices utilizados para agregado grueso

TAMICES SERIE GRUESA	
8.0 mm	5/16"
9.5 mm	3/8"
12.5 mm	1/2"
16.0 mm	5/8"
19.0 mm	3/4"
25.0 mm	1"
31.5 mm	1 1/4"
37.5 mm	1 1/2"
50.0 mm	2"
37.5 mm	2 1/2"
Tamices mayores de tamaños obtenidos cada 12.5 mm (1/2")	

Fuente: ASTM C – 88

2. Recipientes para la dimensión de las muestras de los agregados en la solución.
3. Regulación de la temperatura.
4. Balanzas OHAUS GOLD SERIES TAJ 602, 600 gr x 0.01 gr. Con una capacidad de 500 g y sensibilidad 0.1 g para pesar el agregado fino y otra con 5 Kg para pesar el agregado grueso.
5. Estufa, provista con dispositivo de circulación formada de aire, y capaz de mantener la temperatura a 110 +/- 5°C.

Procedimiento

- a. Inmersión de las muestras en la solución. Durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor a 18 horas, la solución deberá quedar unos 13 mm por encima de la muestra. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas y debe estar a una temperatura de 21 +/- 1°C.
- b. Secados de las muestras, dejándola escurrir por unos 15 minutos y luego se pondrá en el horno, con una temperatura de 110 °C. Luego de sacar las muestras del horno de enfriaran a temperatura ambiente y se pesaran a intervalos de tiempo no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas.

Figura N° 6. Material en sulfato de sodio



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 7. Material en sulfato de sodio en el horno



Fuente: Propia, 2016

- **Ensayos realizados para agregado fino**

**ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
AASHTO T-27, ASTM D422 (MTC E 107-2000)**

El objetivo es determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada. Determinar la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

Equipos de laboratorio

1. Balanza OHAUS GOLD SERIES TAJ 602, 600 gr x 0.01 gr, con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.

2. Tamices W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH), seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado
3. Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Procedimiento

- a. Seleccionar un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar. Colocar los tamices en orden, por tamaño de abertura.
- b. Limitar la cantidad de material en un tamiz dado, de tal forma que todas las partículas puedan alcanzar las aberturas del tamiz durante la operación del tamizado.
- c. Determinar el peso de la muestra retenida en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en la norma.
- d. El peso total del material después del tamizado, debe ser comparado con el peso original que se ensayó. Si la cantidad difiere en más de 0.3%, basado en el peso de la muestra seca original, el resultado no debe ser aceptado.

Figura N° 8. Tamices para la granulometría de finos



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 9. Material tamizado y balanza



Fuente: Propia, 2016

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D 2419, AASHTO T 176 (MTC E 114 – 2000).

Su objetivo es determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso en los suelos o agregados finos.

Equipos de laboratorio

1. Cilindro graduado de plástico, con diámetro interior de 31.75 ± 0.381 y altura de 431.8 mm aproximadamente, graduado en espacios de 2.54 mm, desde el fondo hasta una altura de 381 mm. La base del cilindro debe ser de plástico transparente de 101.6 x 101.6 x 12.7 mm bien asegurada al mismo.
2. Tampón macizo de caucho o goma que ajuste en el cilindro.
3. Tubo irrigador, de acero inoxidable, de cobre o de bronce, de 6.35 mm de diámetro exterior de 0.89 mm de espesores con longitud de 508 mm, con uno de sus extremos cerrado formando una arista. Las caras laterales del extremo cerrado tienen dos orificios de 1mm de diámetro cerca a la arista que se forma.
4. Tubo flexible de 4.7 mm de diámetro y de 1.20 m de largo aproximadamente, con una pinza que permita cortar el paso del líquido a través del mismo.
5. Dos botellas de 3.785 L (1 galón) de capacidad, el primero para contener la solución de trabajo de Cloruro de Calcio, el tampón de este frasco lleva dos orificios, uno para el tubo del sifón y el otro para entrada de aire.
6. Dispositivo para tomar lecturas. Un conjunto formado por un disco de asentamiento, una barra metálica y una sobrecarga cilíndrica.
7. Recipiente metálico, de diámetro 57 mm aproximadamente, con una capacidad de 85 ± 5 ml
8. Embudo, de boca ancha, de 100 mm de diámetro
9. Reloj o cronometro, para lecturas de minutos y segundos.
10. Agitador: mecánico o de operación manual.

Procedimiento

- a. Viértase solución de trabajo de cloruro de calcio en el cilindro de plástico graduado, con la ayuda del sifón, hasta una altura de 4 ± 0.1 ”.
- b. Con ayuda del embudo, viértase la muestra de ensayo en el cilindro graduado. Golpéese varias veces el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas de aire y remojar la muestra completamente. Déjese un reposo durante 10 ± 1 minuto. Al finalizar los 10 minutos (periodo de humedecimiento), tápese el cilindro con un tapón y suéltese el material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo a la vez.
- c. Después de soltar el material del fondo, agítese el cilindro sosteniéndolo en una posición horizontal y agítese vigorosamente con un movimiento lineal horizontal de extremo a extremo. Agítese el cilindro 90 ciclos en aproximadamente 30 segundos.
- d. Inmediatamente después de la operación de agitación, colóquese el cilindro verticalmente sobre la mesa de trabajo y remuévase el tapón.
- e. Durante el procedimiento de irrigación manténgase el cilindro vertical y la base en contacto con la superficie de trabajo. Colóquese el tubo irrigador en la parte superior del cilindro, aflójese la pinza de la manguera y lávese el material de las paredes del cilindro a medida que baja el irrigador, el cual debe llegar a través del material, hasta el fondo del cilindro, aplicando suavemente una acción de presión y giro mientras que

a solución de trabajo fluye por la boca del irrigador. Esto impulsa hacia arriba el material fino que esté en el fondo y lo pone en suspensión sobre las partículas gruesas de arena. Regúlese el flujo justamente antes de que el tubo irrigador sea completamente sacado, y ajústese el nivel final a la lectura de 15”.

- f. Déjese el cilindro y el contenido en reposo por 20 min ± 15s. comiencese a medir el tiempo inmediatamente después de retirar el tubo irrigador
- g. Al finalizar los 20 minutos del período de sedimentación, léase y anótese el nivel de la parte superior de la suspensión arcillosa.

$$\text{Equivalente de Arena (EA)} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

Tabla N° 14. Requerimiento del equivalente de arena

Trafico en Ejes Equivalentes (millones)	Porcentaje de Equivalente Arena (mínimo)
≤ 3	45
> 3 – 30	50
> 30	55

Fuente: Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas para construcción EG- 2013

Figura N° 10. Instrumentos de equivalente de arena



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 11. Peso del material para ensayo



Fuente: Propia, 2016

GRAVEDAD ESPECÍFICA EN AGREGADOS FINOS, ASTM C-128

Los equipos y procedimientos para determinar la gravedad específica aparente y Bulk de los agregados finos se detallan en AASHTO T-84 y ASTM C-128.

Procedimiento

1. Aproximadamente 1000 gr. de agregado fino se seca a peso constante.
2. Se sumerge el material por 24 horas en agua.
3. La muestra se extiende en una superficie plana y se expone a una corriente de aire caliente.
4. La condición saturada superficialmente seca se alcanza cuando el material cae al invertirse el cono en el que la muestra del material fue suavemente compactada.
5. Aproximadamente 500 gr. del material en la condición saturada superficialmente seca se colocan en un matraz que se llena con agua.
6. El agregado se saca del matraz, se seca al horno a peso constante.
7. La gravedad específica se calcula de la siguiente manera:

A peso en el aire del agregado seco al horno, gr.

B peso del matraz (picnómetro) con agua, gr.

C peso del matraz (picnómetro) con el agregado y agua hasta la marca, gr.

D Peso del material saturado superficialmente seco (500+10 gr)

$$\text{Gravedad específica seca aparente } G_{sa} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Gravedad específica seca aparente } G_{sb} = \frac{A}{B + D - C}$$

$$\text{Gravedad específica saturada superficialmente seca Bulk } G_{sssb} = \frac{D}{B + D - C}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \left(\frac{D - A}{A} \right) \times 100$$

Figura N° 12. Peso del Agregado fino en la fiola



Fuente: Propia

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO (MTC E 222 – 2000).

Su objetivo es determinar mediante el cálculo de vacíos de aire y angularidad de los agregados finos, su relación con la resistencia al ahuellamiento.

Equipos de laboratorio

1. Cilindro metálico de volumen conocido.
2. Embudo metálico.
3. Marco metálico.
4. Tamices W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH), 2.36 mm (N° 8) y 75 µm (N° 200)

Procedimiento

- a. Separar el material que pase el tamiz 2.36 mm (N° 8) y será retenido en el tamiz 75 µm (N° 200).
- b. Se determinará la gravedad específica bruta del agregado seleccionado (G_{sb})
- c. Se vierte la arena por el embudo hasta que recose el cilindro de volumen conocido. Se enrasa y se pesa el material retenido en el cilindro.

$$\frac{v \cdot \frac{W}{G_{sb}}}{v} \times 100$$

Tabla N° 15. Angularidad del agregado fino

Tráfico en Ejes Equivalentes (Millones)	Espesor de Capa	
	< 100 mm	> 100 mm
≤ 3	30 min	30 min
> 3 – 30	40 min	40 min
> 30	40 min	40 min

Fuente: Manual de carreteras, Especificaciones Técnicas para Construcción (EG – 2013)

Figura N° 13. Angularidad de finos



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 14. Muestras y cilindro de volumen conocido



Fuente: Propia, 2016

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (MALLA N°40) ASTM D 4318, AASHTO T 90 (MTC E 111 – 2000).

Su objetivo es determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P), si se conoce el límite líquido (L.L) del mismo suelo.

Equipos de laboratorio

1. Espátula, de hoja flexible, de unos 75 – 100 mm de longitud por 20 mm de ancho.
2. Recipiente para almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm de diámetro.
3. Balanza OHAUS GOLD SERIES TAJ 602, 600 gr x 0.01 gr, con aproximación a 0.01 g
4. Horno o estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C
5. Tamiz W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH), de 426 μ m (N° 40)
6. Agua destilada.
7. Vidrios de reloj, o recipiente adecuado para la determinación de humedades.
8. Superficie de rodadura, comúnmente se utiliza vidrio grueso esmerilado.

Procedimiento

- a. Colóquese la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mézclase completamente con 15 a 20ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula

- en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3ml. Mézclase completamente cada incremento de agua con el suelo como se descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.
- b. Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiere de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre, colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa la base, y comprímase hacia abajo, extiéndase el suelo hasta obtener la posición mostrada, teniendo cuidado de evitar la inclinación de burbujas de aire dentro de la masa. Nivélase el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparéjeselo hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo.
 - c. Elévase y golpéese la taza de bronce girando la manija F, a una velocidad de 1.9 a 2.1, golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5”). Anótese el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.
 - d. Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y colóquese en un recipiente adecuado.

Figura N° 15. Copa Casa Grande para límite líquido



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 16. Límite Plástico



Fuente: Propia, 2016

ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS (PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER) (MTC E 220 – 2000).

El objetivo es determinar la adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos, arenas naturales o de machaqueo, de empleo en la construcción de carreteras.

Equipos de laboratorio

1. Tamices W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH), de 630 μm y 200 μm , que correspondan a las mallas N° 30 y N° 70 respectivamente.
2. Balanza OHAUS GOLD SERIES TAJ 602, 600 gr x 0.01 gr, suficiente para determinar masas de 200 g, con precisión de 0.01 g
3. Estufa, adecuada para alcanzar y mantener la temperatura de 145 ± 5 °C.
4. Tubo de ensayo. Doce tubos de ensayo de 200 mm de altura y 20 mm de diámetro interior.
5. Material auxiliar y general de laboratorio: cuarteador de árido fino, cazos de porcelana, gradilla para los tubos de ensayo, vasos de cristal de unos 50 cm³ de capacidad, panza madera, varillas de cristal, etc.
6. Disoluciones de carbonato sódico, de concentraciones molares crecientes, M/256 a M/1.

Procedimiento

- a. El carbonato sódico (Na_2CO_3) anhidro y agua destilada forman la solución decarbonato de sodio. Para prepara la disolución a diferentes concentraciones se debe disolver el peso de carbonato de sodio indicado en la tabla según la concentración que se desea obtener.
- b. Se separa el material por el respectivo cuarteo, luego tamizar aproximadamente 200 gr. de agregado fino esto según norma, el material se lava y limpia de polvo y se secan horno a 145°C durante una hora. Luego si el ligante a emplear es betún asfáltico de penetración, la relación de mezcla agregado – ligante es de 71 volúmenes de agregado con 29 volúmenes de ligante. En una vasija se procede al mezclado del asfalto con los agregados en caliente logrando con ayuda de una espátula una mezcla homogénea.
- c. Luego dejar enfriar hasta la temperatura de ambiente para formar las bolitas de 0.5gr, formar por lo menos 5 de estas bolitas de 0.5gr. Colocar las bolitas de asfalto en el tubo de ensayo empezando con la menor concentración, llevar el tubo de prueba, con la concentración, a la estufa para calentarla hasta que alcance la ebullición durante un minuto, observar la muestra y ver si hay desprendimiento, si no existe desprendimiento repetir el paso pero con la concentración inmediatamente superior o siguiente tubo.

Figura N° 17. Adhesividad de los ligantes bituminosos



Fuente: Propia, 2016

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS (MTC E 219 – 2000).

El objetivo es determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en base a las mezclas bituminosas. Este método sirve para efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de existencia de sales

Equipos de laboratorio

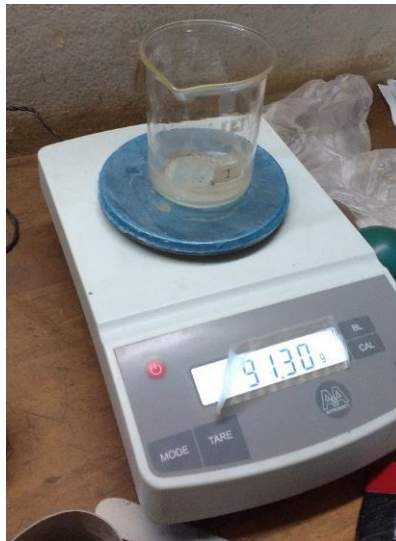
1. Balanza A & A INSTRUMENTS sensibilidad de 0.01 gramo
2. Mecheros
3. Matraces aforados
4. Vasos de precipitado
5. Pipetas
6. Solución de Nitrato de Plata
7. Solución de Cloruro de Bario
8. Agua destilada
9. Estufa
10. Tubos de ensayo

Procedimiento

- a. Secar la muestra en horno a 110 +/- 5°C hasta peso constante. Registrar esta masa como A
- b. Colocar la muestra en un vaso precipitado, agregar agua destilada en volumen suficiente para cubrir 3 cm sobre el nivel de la muestra y calentar hasta ebullición
- c. Agitar durante 1 minuto. Repetir la agitación, a intervalos regulares, hasta completar cuatro agitaciones en un periodo de 10 minutos.
- d. Decantar mínimo 10 minutos hasta que el líquido se aprecie transparente, y transija el líquido sobrenadante a otro vaso. Determinar en forma separada, en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos. La presencia de cloruros se detecta con unas gotas de Nitrato de Plata formándose un precipitado blanco de cloruro de Plata, la de sulfatos con unas gotas de cloruro de Bario dando un precipitado blanco de Sulfato de Bario.
- e. Todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez enfriados, se vacían a un matraz aforado y se enrasa con agua destilada. En caso de tener un volumen superior, concentrar mediante evaporación. Registrar el aforo como B
- f. Tomar una alícuota de un volumen entre 50 y 100 ml, de la muestra previamente homogeneizada, del matraz aforado y registrar su volumen como C
- g. Cristalizar la alícuota en un horno a 100 +/- 5°C hasta masa constante y registrar dicha masa como D

$$\% \text{ Sales Solubles} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B}} \times 100$$

Figura N° 18. Sales para el Agregado fino



Fuente: Propia, 2016

ENSAYO DE DURABILIDAD ASTM C-88

Su objetivo es determina la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio. Este método suministra información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos.

Equipos de laboratorio

1. Tamices W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH), especificados en los siguientes cuadros.

Tabla N° 16. Tamices utilizados para el agregado fino

TAMICES SERIE FINA	
150.0 mm	N° 100
300.0 mm	N° 50
600.0 mm	N° 30
1.18 mm	N° 16
2.36 mm	N° 8
4.0 mm	N° 5
4.75 mm	N° 4

Fuente: ASTM C – 88

2. Recipientes para la dimensión de las muestras de los agregados en la solución.
3. Regulación de la temperatura.

4. Balanzas OHAUS GOLD SERIES TAJ 602, 600 gr x 0.01 gr, con una capacidad de 500 g y sensibilidad 0.1 g para pesar el agregado fino
5. Estufa, provista con dispositivo de circulación forzada de aire, y capaz de mantener la temperatura a 110 +/- 5°C.

Procedimiento

- a. Inmersión de las muestras en la solución. Durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor a 18 horas, la solución deberá quedar unos 13 mm por encima de la muestra. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas y debe estar a una temperatura de 21 +/- 1°C.
- b. Secados de las muestras, dejándola escurrir por unos 15 minutos y luego se pondrá en el horno, con una temperatura de 110 °C. Luego de sacar las muestras del horno de enfriaran a temperatura ambiente y se pesaran a intervalos de tiempo no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas.

Figura N° 19. Material fino para ensayo



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 20. Material fino en sulfato de sodio



Fuente: Propia, 2016

- Ensayos realizados para el relleno mineral

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (MALLA N°200) ASTM D 4318, AASHTO T 90, 89 (MTC E 111 y MTC E 100 – 2000).

Equipos de laboratorio, limite plástico.

1. Espátula, de hoja flexible, de unos 75 – 100 mm de longitud por 20 mm de ancho.
2. Recipiente para almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm de diámetro.

3. Balanza OHAUS GOLD SERIES TAJ 602, 600 gr x 0.01 gr,
4. Horno o estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C
5. Tamiz W.S. TYLER (TYLER EQUIVALENT 48 MESH), de 426 μm (N° 40)
6. Agua destilada.
7. Vidrios de reloj, o recipiente adecuado para la determinación de humedades.
8. Superficie de rodadura, comúnmente se utiliza vidrio grueso esmerilado.

Procedimiento, límite plástico

- a. Colóquese la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mézclese completamente con 15 a 20ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3ml. Mézclese completamente cada incremento de agua con el suelo como se descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.
- b. Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiere de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre, colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa la base, y comprímase hacia abajo, extiéndase el suelo hasta obtener la posición mostrada, teniendo cuidado de evitar la inclinación de burbujas de aire dentro de la masa. Nivélase el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparéjeselo hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo.
- c. Elévese y golpéese la taza de bronce girando la manija F, a una velocidad de 1.9 a 2.1, golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Anótese el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.
- d. Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y colóquese en un recipiente adecuado.

Equipos de laboratorio, limite líquido.

1. Recipiente para almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm de diámetro aproximadamente.
2. Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"-4") de longitud y 20 mm (3/4") de ancho aproximadamente.
3. Aparato del límite líquido (o e Casagrande).
4. Acanalador.
5. Calibrador
6. Recipientes o pesa filtros.
7. Balanza.
8. Estufa.

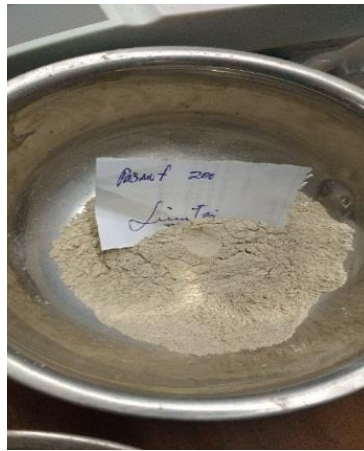
Procedimiento, límite Líquido

- a. Colóquese la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mézclese completamente con 15 a 20ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3ml. Mézclese completamente cada incremento de agua con el suelo como se descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.
- b. Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiere de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se

ocasiona el cierre, colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa la base, y comprímase hacia abajo, extiéndase el suelo hasta obtener la posición mostrada, teniendo cuidado de evitar la inclinación de burbujas de aire dentro de la masa. Nivélase el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparéjese hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo.

- c. Elévese y golpéese la taza de bronce girando la manija F, a una velocidad de 1.9 a 2.1, golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Anótese el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.
- d. Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y colóquese en un recipiente adecuado.

Figura N° 21. Material pasante de malla #200 para ensayo



Fuente: Propia, 2016

MATERIALES DELETEREOS (AZUL METILENO) AASHTO TP 57

Su objetivo es determinar la cantidad de material potencialmente dañino (incluyendo arcilla y material orgánico) presente en la fracción fina de un agregado mediante la determinación del Valor de Azul de Metileno

Materiales de laboratorio

1. Bureta – de color ámbar de 50 ml de capacidad con graduación de 0.1 ml
2. Agitador magnético
3. Varilla de vidrio
4. Cronómetro
5. Platón y tamiz N° 200
6. Matraz volumétrico – con capacidad de 1000 ml
7. Papel filtro
8. 3 vasos precipitados de 500 ml tipo Griffin
9. Azul de Metileno – de Grado reactivo, fechado y almacenado por un tiempo inferior a 4 meses en un frasco color café envuelto con papel de aluminio y colocado en un gabinete oscuro.
10. Agua destilada
11. Horno – temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

Procedimiento

1. Colocar 10.0 g de material pasante del tamiz #200, seco hasta masa constante, en un vaso volumétrico tipo Griffin de 500 ml
2. Adicionar 30 ml de agua destilada y batir con el agitador hasta tener una lechada.
3. Agregar con la bureta a la lechada de suelo 0.5 ml de solución de Azul de Metileno y agitar durante 1 minuto.
4. Sacar con la varilla agitadora de vidrio una gota de lechada y dejarla caer sobre el papel filtro.
5. Se observa la gota en el papel, si no se ha formado a su alrededor de la gota un anillo o aureola azul se continua el ensayo adicionando a la lechada de suelo incrementos de 0.5 ml de solución agitando durante 1 minuto para cada incremento y realizando de nuevo la prueba en el papel filtro hasta que se observe el anillo alrededor de la gota.
6. Después de alcanzar el punto se continúa agitando durante 5 minutos y se repite la prueba en el papel filtro, como método de confirmación. Si se continúa presentando el anillo se da por terminado el ensayo y se procede a realizar el cálculo.

$$VA = \frac{CxV}{W}$$

VA = Valor de Azul metileno en mg de azul por gramo de material seco pasa el tamiz N° 200

C = Concentración de la solución de Azul de Metileno, en mg de azul por ml de solución

V = ml de solución de Azul de Metileno requerida en la titulación

W = gramos de material seco utilizado en la prueba

- **Ensayo realizado de cemento asfáltico**

ENSAYO DE PENETRACIÓN DE MATERIALES ASFÁLTICOS ASTM D-5, AASHTO T 49 (MTC E 304 – 2000)

El objetivo es determinar la consistencia de los materiales asfálticos sólidos o semisólidos en los cuales el único o el principal componente es un asfalto. La penetración se define como la distancia, expresada en décimas de milímetro hasta la cual penetra verticalmente en el material una aguja normalizada en condiciones definidas de carga, tiempo y temperatura.

Normalmente, el ensayo se realiza a 25°C durante un tiempo de 5 s y con una carga móvil total, incluida la aguja, de 100g.

Equipo de laboratorio

1. Penetrómetro HUMBOLDT MFG. CO. El peso del vástago debe ser de 47.5 ± 0.05 g, y el peso total del conjunto móvil formado por el vástago juntamente con la aguja de 50.0 ± 0.05 g.
2. Aguja de penetración de acero inoxidable endurecido y templado (ASTM grado 440 C) y 50 mm (2") de longitud y entre 1.00 y 1.02 mm de diámetro.
3. Recipiente o molde para la muestra.
4. Recipiente de transferencia de 350 ml
5. Baño de agua a una temperatura constante de 25°C.
6. Termómetro de mercurio con varilla de vidrio de inmersión total.

Procedimiento:

1. Preparación de la muestra: De la muestra de laboratorio, se separarán con una espátula caliente unos 400 a 500g de material se colocarán en un recipiente, que se calienta cuidadosamente agitándolo para evitar sobrecalentamientos locales y para homogeneizar el material, hasta que alcance la fluidez que permita su vertido en los moldes para las probetas. Las temperaturas de calentamiento no excederán a las del punto de ablandamiento de cada material en más de 100 °C, el tiempo total de calentamiento no excederá 30 minutos, evitándose la formación de burbujas de aire.
2. Condiciones del ensayo: Las condiciones normalizadas del ensayo son, respectivamente, de 25°C (77°F), 100g y 5 seg. para la temperatura, la carga y el tiempo de duración de la misma.
3. Ejecución de ensayo: Ensamblado el penetrómetro y limpia la aguja con el solvente adecuado, se coloca el indicador en cero y se procede al ensayo. Colocar el tarro con la muestra en el recipiente de transferencia, el cual contiene agua del baño en cantidad tal que cubra el tarro que contiene la muestra. El conjunto formado por la muestra y el recipiente con el agua a 25°C, se coloca en la base del penetrómetro y se pone la aguja en contacto con la superficie de la muestra. Esto se logra haciendo contacto el punto real de la aguja con su imagen reflejada sobre la superficie de la muestra mediante una fuente de luz debidamente ubicada. Soltar la aguja rápidamente por el período de tiempo especificado, registrar la lectura indicada sobre la escala del penetrómetro a fin de medir la distancia penetrada. Se deben llevar a cabo al menos tres penetraciones sobre la superficie de la muestra en puntos distantes, por lo menos 10 mm de las paredes del recipiente entre sí. Colocar el recipiente de transferencia y el tarro con la muestra en el baño de agua después de cada penetración, así mismo, limpiar cuidadosamente la aguja del penetrómetro primero con paño limpio y humedecido con Tetracloruro de Carbono para eliminar todo el betún adherido y posteriormente con un paño limpio y seco.

- **Ensayo para determinar la durabilidad de la mezcla asfáltica**

METODO “UNIVERSAL DE CARACTERIZACIÓN DE LIGANTES” (UCL)

El método UCL está basado en el estudio del desgaste que se produce en una mezcla asfáltica cuando es sometida a cambio de temperatura y presencia de agua. Este método analiza el comportamiento del betún y del filler con la mezcla a partir del desgaste obtenido mediante el ensayo de cántabro, evaluado de forma indirecta, otras propiedades como adhesividad, susceptibilidad termina.

Este método ha sido desarrollado por el Departamento de Infraestructura del Transporte de la Universidad Politécnica de Cataluña. Sin embargo, este método se centró en el estudio del comportamiento del ligante sin tener en cuenta propiedades como viscosidad, composición y consistencia; y atendiendo a otras propiedades como cohesión, adhesividad, susceptibilidad térmica y durabilidad.

Para el estudio y análisis de estas propiedades funcionales del ligante, el método se basó en el ensayo de cántabro. Este ensayo determina el grado de cohesión de la mezcla bituminosa a partir del efecto de la abrasión y además evalúa el efecto de la temperatura a la acción del agua. Considerar que al realizar la mezcla filler/ betún se produce un aumento del poder aglomerante y de la viscosidad, pero no siempre de la mejor forma posible.

a. Ensayo Cántabro de desgaste de las mezclas asfálticas

Materiales de laboratorio:

- Máquina de abrasión de los ángeles ELE INTERNATIONAL 42 -5305/06, 5000 gr y 30 – 33 RPM
- Balanza OHAUS CP 4102 precisión de 0.01 g

Procedimiento:

Para medir la resistencia a la disgregación se emplea el ensayo Cántabro. Este ensayo se ha realizado acorde a la norma NLT – 352/00 (2000) “Caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo Cántabro de pérdida por desgaste”. Y consiste en introducir la probeta de tamaño Marshall en la máquina del ensayo de Los Ángeles y someterla sin ningún tipo de carga abrasiva a un proceso de desgaste. Los áridos más superficiales se van desprendiendo por el efecto abrasivo y de impacto, determinándose posteriormente la cantidad de material perdido en ese proceso, respecto al peso inicial de la probeta.

Figura N° 22. Máquina de los Ángeles utilizada para ensayo de desgaste



Fuente: Propia, 2017

Figura N° 23. Briqueta antes - después del ensayo



Fuente: Propia, 2017

Las pérdidas producidas para cada probeta de calcular mediante la expresión

$$P_c = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

P_c = pérdidas al cántabro (%)

P_i = masa inicial (g)

P_f = masa final (g)

b. Adhesividad en seco y tras inmersión

El objeto de este ensayo es estudiar la resistencia de la mezcla frente a la acción del agua. Este parámetro depende de la cohesión y la envuelta que produzca el betún sobre los áridos, ya que el agua tiende a desplazar el ligante del árido, lo que se traduce en una pérdida de cohesión de la mezcla.

Materiales de laboratorio:

- Máquina de abrasión de los ángeles ELE INTERNATIONAL 42 -5305/06, 5000 gr y 30 – 33 RPM
- Balanza OHAUS CP 4102 precisión de 0.01 g
- Baño María ELE INTERNATIONAL 45 -6471/02, temperatura de 0°C a 100°C (60 °C)
- Horno AUTONICS TZN4S

Procedimiento:

Se ensayará una serie de briquetas en la Máquina de los Ángeles, siendo sometida a 300 revoluciones y a una temperatura de 25 °C en seco. Posteriormente, al igual que en el ensayo en seco se realizó el mismo número de briquetas y se sumergen en un baño María a una temperatura de 60 °C durante un periodo de 24 horas. Una vez transcurrido el periodo de inmersión se sacan las briquetas del agua y se dejan reposar otras 24 horas a una temperatura ambiente de 25 °C. después de ese tiempo se someten las briquetas al ensayo de cántabro de desgaste.

Mediante este ensayo se pretende comparar las condiciones climáticas adversas de humedad a las que puede estar sometida la mezcla asfáltica y evaluar la cohesión del mástico.

Figura N° 24. Baño María para briquetas de asfalto a 60 °C



Fuente: Propia, 2017

Figura N° 25. Horno para secado de briquetas a 25 °C



Fuente: Propia, 2017

c. Susceptibilidad térmica

Se realiza el ensayo de Cántabro de pérdida por desgaste en función de la susceptibilidad térmica de la mezcla usando temperaturas que van desde las mínimas alcanzadas en la ciudad de Chiclayo en épocas de frío y la máxima alcanzada en épocas de calor. Siendo tomadas como referencia las siguientes temperatura 15 °C, 25 °C y 35 °C.

Además, para este ensayo la temperatura de la sala donde se encuentra ubicada la máquina de Los Ángeles es de 25 °C, ya que es necesario que las variaciones de temperatura que se produzcan en las probetas sean similares en cada ensayo.

Mediante este ensayo, se analiza el comportamiento del filler utilizado en cada briqueta Marshall ante el efecto de la temperatura, tanto en condiciones frías como calurosas estudiando el desprendimiento que se produce en cada una de ella.

Materiales de laboratorio:

- Máquina de abrasión de los ángeles ELE INTERNATIONAL 42 -5305/06, 5000 gr y 30 – 33 RPM
- Balanza OHAUS CP 4102 precisión de 0.01 g
- Horno AUTONICS TZN4S

3.1.7. Técnicas de procesamiento de datos

FASE I

1. Recopilación de información bibliográfica y antecedentes
2. Análisis de información de proyectos similares

3. Revisión de la normativa nacional vigente
4. Selección de material en la cantera
5. Obtención del ladrillo pulverizado
6. Ensayos a los materiales de la cantera
7. Revisión parcial por parte del asesor

FASE II

8. Determinar las propiedades del filler mediante ensayos
9. Ensayos de las mezclas asfálticas
10. Elaboración de datos con los resultados obtenidos

FASE III

11. Análisis de los resultados obtenidos de la comparación entre asfaltos
12. Análisis comparativo de costos del pavimento
13. Evaluación de impacto ambiental
14. Conclusiones y recomendaciones

FASE IV

15. Presentación del proyecto definitivo a los jurados
16. Levantamiento de observaciones
17. Impresión del proyecto definitivo
18. Definición de fecha y sustentación de tesis

IV. RESULTADOS

4.1. Muestras de agregados de la planta “ASFALPACA”

Para el desarrollo de la investigación se ha recogido 3 tipos de muestras de agregado de la planta y el PEN 60/70:

Piedra chancada: Material procesado, producto del chancado de la piedra mayor a 2”.

Figura N° 26. Piedra chancada de ¾” TMN 1/2”



Fuente: Propia, 2016

Arena chancada ¼”: Material procesado producto del chancado de la piedra pasante de la malla ¼”.

Figura N° 27. Arena chancada 1/4”



Fuente: Propia, 2016

Arena zarandeada 3/8”: Material procesado, producto del zarandeo de la arena pasante de la malla 3/8”.

Figura N° 28. Arena Zarandeada 3/8"



Fuente: Propia, 2016

PEN 60/70: Es un material altamente cementante, termoplástico, repelente al agua y es resistente al ataque de la mayoría de los ácidos, álcalis y sales.

Figura N° 29. PEN 60/70




Fuente: Propia, 2016

4.2. Ensayos realizados al agregado grueso

Realizados según las especificaciones técnicas indicadas en el Manual de Carreteras EG 2013

Tabla N° 17. Análisis Granulométrico del agregado grueso


SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos

- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras

- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948652622 - RPC: 951131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ANALISIS GRANULOMETRICO

NORMA AASHTO T-27, ASTM D422

DESCRIPCION : "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".

MATERIAL : Grava Chancada T.max. 3/4" **RESP. LAB** : S.B.F.

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe **TEC. LAB.** : C.D.S.

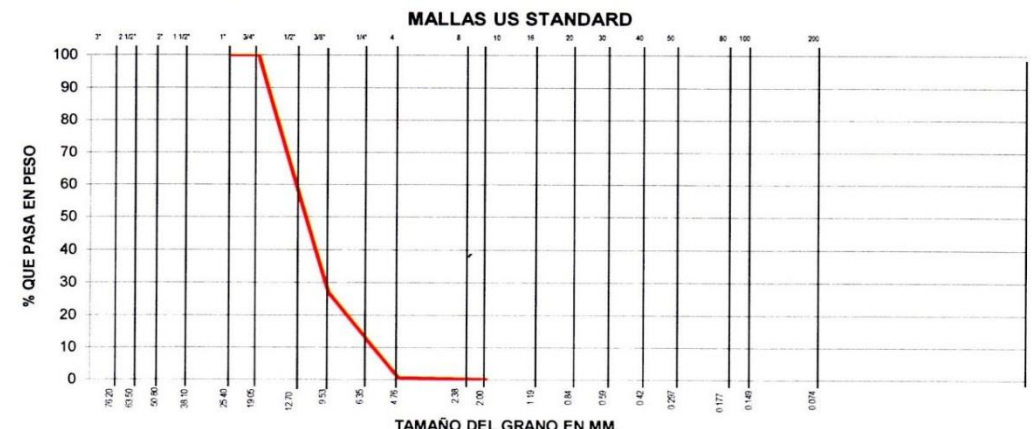
SOLICITANTE : Fiorella Lizeth Valera Nuñez **FECHA** : 15/08/2016

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M - 1

Tamices ASTM	Abertura en mm		% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
3"	76,200						
2 1/2"	63,500						
2"	50,800						
1 1/2"	38,100						
1"	25,400						
3/4"	19,050				100,0		PESO TOTAL : 4127,0 gr
1/2"	12,700	1795	43,5	43,5	56,5		
3/8"	9,525	1221	29,6	73,1	26,9		
1/4"	6,350						
N° 4	4,760	1092	26,5	99,5	0,5		
N° 8	2,380		0,0	99,5	0,5		
N° 10	2,000	19,6	0,5	100,0	0,0		H. NATURAL : 0,48 %
N° 16	1,190	1,3	0,0	100,0			
N° 20	0,840						
N° 30	0,590						
N° 40	0,420						
N° 50	0,297						
N° 60	0,250						OBSERVACIONES :
N° 100	0,149						
N° 200	0,074						
PAN							
TOTAL		4128,50					
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



TAMAÑO DEL GRANO EN MM.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Saavedra

César A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Burga Fernández

Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 169278

Tabla N° 18. Abrasión de los Ángeles del Agregado grueso

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #946852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ABRACION DE LOS ANGELES

(NORMA MTC E 207)

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Grava Chancada T.max. 3/4"	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB.	: C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA	: 15/08/2016

MUESTRA	: M - 1		
GRADUACION	"B"		
PESO DE LA MUESTRA			
1 1/2" - 1"			
1" - 3/4"			
3/4" - 1/2"	2500		
1/2" - 3/8"	2500		
3/8" - 1/4"			
1/4" - N° 4			
N° 4 - N° 8			
TOTAL DESGASTE			
Peso Inicial	5000,0		
Retenido en la malla N° 12	3989,0		
Que pasa en la malla N° 12	1011,0		
% Desgate	20,2		
PROMEDIO	20,2 %		

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



 César A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



 Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278

Tabla N° 19. Peso específico del agregado grueso

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
 - Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
 - Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948652622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

PESO ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
 (NORMA MTC E 206)

DESCRIPCION : "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".

MATERIAL : Grava Chancada T.max. 3/4" **RESP. LAB** : S.B.F.

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe **TEC. LAB.** : C.D.S.

SOLICITANTE : Fiorella Lizeth Valera Nuñez **FECHA** : 15/08/2016

DATOS DE LA MUESTRA

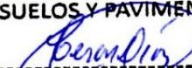
MUESTRA : M - 1

AGREGADO GRUESO

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	1200	1245	1228	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	742	769	759	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	458	476	469	
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	1188	1232	1216	
E	Vol. de masa = C- (A - D) (gr)	446	463	457	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2,594	2,588	2,593	2,592
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2,620	2,616	2,618	2,618
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2,663	2,661	2,661	2,662
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0,99	1,06	0,99	1,0%


Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



César A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278

Tabla N° 20. Determinación de caras fracturadas del agregado grueso



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos
- Asfalto en Caliente
- Cimentaciones
- Viga Benkelman
- Emulsiones Asfálticas
- Laboratorio
- Concreto
- Canteras
- Autopistas
- Roturas de Testigos
- Proyectos de Canteras
- Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

DETERMINACION DE CARAS FRACTURADAS

(NORMA ASTM D-5821)

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Grava Chancada T.max. 3/4"	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB.	: C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA	: 15/08/2016

A.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS:

TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL A (g)	CARAS FRACTURADAS (B)	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS [C = (B/A)*100]	PORCENTAJE PARCIAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS [E = CxD]
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	897,0	749,0	83,50	63,6	5312
1/2"	3/8"	513,0	466,0	90,84	36,4	3305
		1410,0			100,0	8617
PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (ΣE / ΣD)				= 86,2 %		

B.- CON UNA CARA FRACTURADA:

TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL A (g)	CARAS FRACTURADAS (B)	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS [C = (B/A)*100]	PORCENTAJE PARCIAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS [E = CxD]
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	897,0	888,0	99,00	63,6	6298
1/2"	3/8"	513,0	505,0	98,44	36,4	3582
		1410,0			100,0	9879
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA (ΣE / ΣD)				= 98,8 %		

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Saavedra
 César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Burga Fernández
 Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 169278

Tabla N° 21. Porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 602 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #946052622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN LOS AGREGADOS

NORMA ASTM D 4791

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Grava Chancada T.max 3/4"		RESP. LAB : S.B.F.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe		TEC. LAB. : C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez		FECHA : 15/08/2016

PIEDRA CHANCADA TAMAÑO MAX. 3/4"	
MUESTRA	: M - 1

INDICE DE APLANAMIENTO (PARTICULAS CHATAS) : NORMA ASTM D - 4791						
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESOS EN GRAMOS		PORCENTAJE DE LAS CHATAS [C = (B/A)*100]	PORCENTAJE PARCIAL (D)	PROMEDIO DE PARTICULAS CHATAS [E = CxD]
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	MUESTRA TOTAL (A)	PARTICULAS CHATAS (B)			
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"	897,0	157,0	17,5	63,6	1113,5
3/8"	1/4"	513,0	67,0	13,1	36,4	475,2
TOTAL		1410,0	239,0		100,0	475,2

PORCENTAJE PARTICULAS CHATAS (ΣE / ΣD) = 4,8 %

INDICE DE ALARGAMIENTO (PARTICULAS ALARGADAS) : NORMA ASTM D - 4791						
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESOS EN GRAMOS		PORCENTAJE DE LAS CHATAS [C = (B/A)*100]	PORCENTAJE PARCIAL (D)	PROMEDIO DE PARTICULAS ALARGADAS [E = C*D]
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	MUESTRA TOTAL (A)	PARTICULAS CHATAS (B)			
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"	897,0	128,0	14,27	63,6	907,8
3/8"	1/4"	513,00	56,0	10,92	36,4	397,2
TOTAL		1410,0	202,0		100,0	397,2

PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS (ΣE / ΣD) = 4,0 %

CONCLUSIÓN :

PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS (ΣE / ΣD) + PORCENTAJE PARTICULAS CHATAS (ΣE / ΣD)	= 8,7 %
---	----------------

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 169278

Tabla N° 22. Contenido de Sales solubles del agregado grueso



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos
- Asfalto en Caliente
- Cimentaciones
- Viga Benkelman
- Emulsiones Asfálticas
- Laboratorio
- Concreto
- Canteras
- Autopistas
- Roturas de Testigos
- Proyectos de Canteras
- Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 602 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Grava Chancada T.max. 3/4"	RESP. LAB :	S.B.F.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB. :	C.D.S.
UBICACIÓN	: Ferreñafe	FECHA :	15/08/2016

AGREGADO GRUESO

MUESTRA	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 250 ml.) Pyres	91,48	105,35			
(2) Peso Tarro + agua + sal	137,08	155,35			
(3) Peso Tarro Seco + sal	91,52	105,39			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,04	0,04			
(5) Peso de Agua (2-3)	45,60	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,09	0,08			0,08

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


César A. Díaz Saavedra
 César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Burga Fernández
 Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 169278

Tabla N° 23. Durabilidad del agregado grueso

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C




- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos

- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras

- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948652622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com



DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Grava Chancada T.max. 3/4"	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB.	: C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA	: 20/08/2016

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M - 1

ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS GRUESOS (ASTM C - 88)

SOLUCION SO4 NA2

UBICACIÓN :

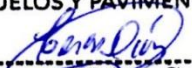
PASA EL TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	GRADACION ORIGINAL %	PESO DE LA FRACCION ENSAYADA (g)	PESO RETENIDO DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA CORREGIDA %
1.1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	3/8"	54,8	1.000,00	8,6	4,7
3/8"	N° 4	45,0	300,00	7,5	3,4
<	N° 4	0,1	-	-	-
TOTALES		100%			8,1%

B) Peso Opcionales de acuerdo el escalonada (A)

D) % Pérdidas corregidas = (C) X (A)/100


E) Total de Pérdidas correspondiente a la suma de las Pérdidas parciales corregidas

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 169278

4.3. Ensayos realizados al agregado fino (Arena Chancada y Zarandeada)

Realizados según lo especificado en el Manual de Carreteras EG-2013

Tabla N° 24. Análisis Granulométrico del agregado fino

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
 - Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
 - Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948652622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emlaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 NORMA AASHTO T-27, ASTM D422

DESCRIPCIÓN : "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".

MATERIAL : Arena Chancada 50% + Arena Zarandeada 50% **RESP. LAB :** S.B.F.

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe **TEC. LAB. :** C.D.S.

SOLICITANTE : Fiorella Lizeth Valera Nuñez **FECHA :** 15/08/2016

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA

Tamices ASTM	Abertura en MM	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MÁXIMO: 1/4"
3"	76,200					
2 1/2"	63,500					
2"	50,800					
1 1/2"	38,100					
1"	25,400					
3/4"	19,050					PESO TOTAL : 500,0 gr
1/2"	12,700					
3/8"	9,525					
1/4"	6,350			100		
N° 4	4,760	31,2	6,2	6,2	93,8	
N° 8	2,380	65,3	13,1	19,3	80,7	MATERIAL : PARA MEZCLA ASFÁLTICA
N° 10	2,000	42,3	8,5	27,8	72,2	H. NATURAL : 0,73 %
N° 16	1,190	49,2	9,8	37,6	62,4	
N° 20	0,840	58,6	11,7	49,3	50,7	
N° 30	0,590	68,2	13,6	63,0	37,0	
N° 40	0,420	39,5	7,9	70,9	29,1	
N° 50	0,297	36,9	7,4	78,2	21,8	
N° 60	0,250					OBSERVACIONES :
N° 80	0,117	69,9	14,0	92,2	7,8	
N° 200	0,074	31,08	6,2	98,4	1,6	
PAN		7,9	1,6	100,0	0,0	
TOTAL		500				
% PERDIDA						

MALLAS US STANDARD

TAMAÑO DEL GRANO EN MM.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Saavedra

César A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA


SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Burga Fernández

Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 169278

72

Tabla N° 25. Equivalente de arena del agregado fino



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
 - Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
 - Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948652622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

EQUIVALENTE DE ARENA
(NORMA MTC E 114)

DESCRIPCION : "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".


MATERIAL : Arena Chancada 50% + Arena Zarandeada 50% RESP. LAB : S.B.F.

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe TEC. LAB. : C.D.S.

SOLICITANTE : Fiorella Lizeth Valera Nuñez FECHA : 15/08/2016


MUESTRA	01	02	03			
HORA DE ENTRADA	10:35	10:37	10:39			
HORA DE SALIDA	10:45	10:47	10:49			
HORA DE ENTRADA	10:47	10:49	10:51			
HORA DE SALIDA	11:07	11:09	11:11			
ALTURA DE NIVEL MATERIAL FINO (A)	4,7	4,8	4,8			
ALTURA DE NIVEL ARENA (B)	3,1	3,0	3,0			
EQUIVALENTE DE ARENA (B x 100/A)	66,0%	62,5%	61,5%			
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO:			63,3%			
OBSERVACION : _____						

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA


SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.




Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 169278

Tabla N° 26. Gravedad específica y absorción del agregado fino

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



- Mecánica de Suelos
- Viga Benkelman
- Concreto
- Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente
- Emulsiones Asfálticas
- Canteras
- Proyectos de Canteras
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Autopistas
- Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
(NORMA MTC E 205)

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Arena Chancada 50% + Arena Zarandeada 50%	RESP. LAB :	S.B.F.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB. :	C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA :	15/08/2016

DATOS DE LA MUESTRA

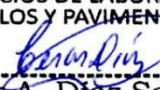
MUESTRA	: M-1		
---------	-------	--	--

AGREGADO FINO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	300,0	300,0	
B	Peso Frasco + agua	669	671	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	969,0	971,0	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	853,5	853,9	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	115,5	117,1	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	296,5	297	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	112,0	114,1	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2,567	2,536	2,552
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2,597	2,562	2,580
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2,647	2,603	2,625
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1,18	1,01	1,10%


Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



César A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278

Tabla N° 27. Angularidad del agregado fino

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO
(NORMA MTC E 222)

DESCRIPCION : "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".

MATERIAL : Arena Chancada 50% + Arena Zarandeada 50% **RESP. LAB** : S.B.F.

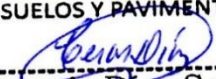
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe **TEC. LAB.** : C.D.S.

SOLICITANTE : Fiorella Lizeth Valera Nuñez **FECHA** : 15/08/2016

ENSAYO	N°	1	2	3	ESPECIFICACIÓN
PESO DEL AGREGADO FINO + MOLDE	gr.	264,00	263,60	263,20	
PESO DEL MOLDE	gr.	108,70	108,70	108,70	
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	155,30	154,90	154,50	
VOLUMEN DEL CILINDRO	(v)	105,00	105,00	105,00	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G _{sb}	2,625	2,625	2,625	
VACÍOS NO COMPACTADOS	%	43,7	43,8	43,9	Mín.30
GRAVA CHANCADA	%	0,0	0,0	0,0	
ARENA CHANCADA	%	50,0	50,0	50,0	
ARENA ZARANDEADA 3/8"	%	50,0	50,0	50,0	FÓRMULA: $V - \frac{W}{Gsb} \times 100$
ARENA FINA	%	0,0	0,0	0,0	
FILLER	%	0,0	0,0	0,0	
PROMEDIO	%	43,8			

OBSERVACIONES:

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


César A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278

Tabla N° 28. Límites de consistencia del material pasante de la malla N° 40



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #946652622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

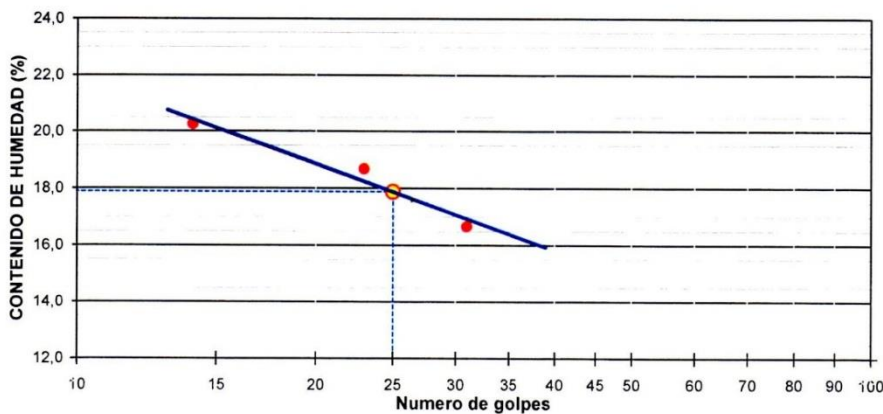
LIMITES DE CONSISTENCIA MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°40

MTC E - 110, MTC E 111

DESCRIPCION	:"Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Arena Chancada 50% + Arena Zarandeada 50%	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB.	: C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA	: 15/08/2016

DATOS DE ENSAYO				
LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	80	16	38	
TARRO + SUELO HUMEDO	31,35	32,43	36,24	
TARRO + SUELO SECO	28,76	29,97	33,00	
AGUA	2,59	2,46	3,24	
PESO DEL TARRO	13,21	16,80	17,00	
PESO DEL SUELO SECO	15,55	13,17	16,00	
% DE HUMEDAD	16,66	18,68	20,25	
N° DE GOLPES	31	23	14	
LIMITE PLASTICO				
N° TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
LL :	17,9	%	LP :	NP %
			IP :	NP %

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES




SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Saavedra
César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Burga Fernández
Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 169278

Tabla N° 29. Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos
- Asfalto en Caliente
- Cimentaciones

- Viga Benkelman
- Emulsiones Asfálticas
- Laboratorio

- Concreto
- Canteras
- Autopistas

- Roturas de Testigos
- Proyectos de Canteras
- Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948652622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

**ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS
 (PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)
 MTC E 220 - 2000**

DESCRIPCION : "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".

MATERIAL : Arena Chancada 50% + Arena Zarandeada 50% **RESP. LAB** : S.B.F.

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe **TEC. LAB.** : C.D.S.

SOLICITANTE : Fiorella Lizeth Valera Nuñez **FECHA** : 15/08/2016

DATOS DEL ENSAYO

DENOMINACION		DESPRENDIMIENTO O ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA		0	NULO
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO
	M/128	2	NULO
	M/64	3	NULO
	M/32	4	NULO
	M/16	5	PARCIAL
	M/8	6	PARCIAL
	M/4	7	PARCIAL
	M/2	8	PARCIAL
	M/1	9	PARCIAL
		PARCIAL:	5
		TOTAL:	10

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 169278

Tabla N° 30. Índice de durabilidad del agregado fino



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
 - Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
 - Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 662 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com



INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO FINO

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Arena Chancada 50% + Arena Zarandeada 50%	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB.	: C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA	: 15/08/2016

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: M-1
----------------	-------

INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO FINO

MTC E 214

TAMAÑOS DE MALLAS				Agitación Muestra	Contenido de	Muestra Lata
PASA	RETENIDO		PESO (gr.)	(10 minutos)	Agua Destilada (ml)	(ml.)
# 4	N°200		500	10'	1000,0	85

DESCRIPCION	IDENTIFICACION			
	N° DE ENSAYO	1	2	Promedio
Hora de entrada a saturación		10:15	10:17	
Hora de salida de saturación (mas 10')		10:25	10:27	
Hora de entrada a decantación		10:27	10:29	
Hora de salida de decantación (mas 20')		10:47	10:49	
Altura máxima de la arcilla (pulg.0.1")		5,40	5,50	
Altura máxima de la arena (pulg.0.1")		2,95	3,00	
Indice de Durabilidad (Df = L.arena/L.arcilla*100)		54,6	54,5	54,6

OBSERVACIONES

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Saavedra

César A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Burga Fernández

Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278

Tabla N° 31. Contenido de sales solubles del agregado fino

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(MTC -219)

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Arena Chancada 50% + Arena Zarandeada 50%	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB.	: C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA	: 15/08/2016

AGREGADO FINO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	IDENTIFICACION DE MUESTRA			
			4	8		
1.-	Recipiente					
2.-	Peso (Biker 250 ml.)	Gr.	98,90	108,56		
3.-	Peso + Sal +Biker 250 ml.	Gr.	98,92	108,59		
4.-	Peso Sal (2-3)	Gr.	0,02	0,02		
5.-	Peso de Agregado	Gr.	100,0	100,0		
6.-	Aforo de Agua Total Cc.	Gr.	500,0	500,0		
7.-	Volumen de Agua Utilizado Cc.	%	100,0	100,0		
8.-	SALES SOLUBLES $(1/((6x5)/(4x6)))x100$	%	0,10	0,12		
9.-	PROMEDIO SALES SOLUBLES	%	0,11			

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Saavedra

César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


Secundino Burga Fernández

Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP 169278

4.4. Ensayos para el relleno mineral o filler

Tabla N° 32. Límites de consistencia material pasante de la malla N° 200

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C




- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos

- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras

- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 602 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #940652622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com



LIMITES DE CONSISTENCIA MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°200
MTC E - 110, MTC E 111

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Arena Chancada 50% + Arena Zarandeada 50%	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB.	: C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA	: 15/08/2016

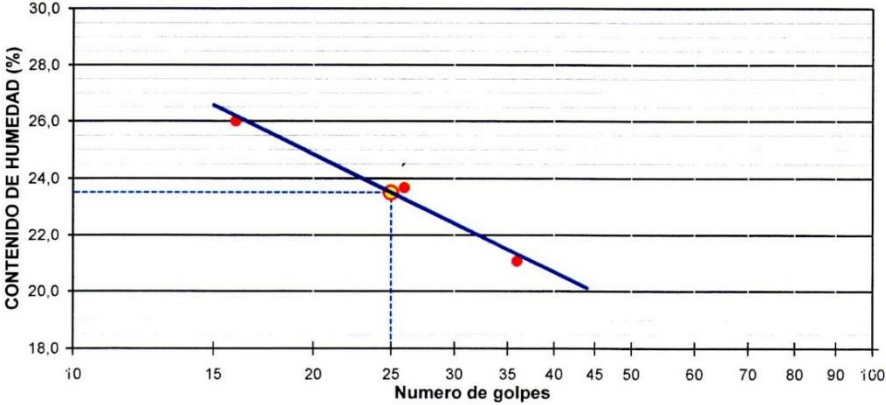
DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO	9	11	26	
TARRO + SUELO HUMEDO	24,93	26,81	26,51	
TARRO + SUELO SECO	21,06	23,04	23,32	
AGUA	3,87	3,77	3,19	
PESO DEL TARRO	6,18	7,12	8,18	
PESO DEL SUELO SECO	14,88	15,92	15,14	
% DE HUMEDAD	26,01	23,68	21,07	
N° DE GOLPES	16	26	36	

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO	21	8		
TARRO + SUELO HUMEDO	15,35	14,73		
TARRO + SUELO SECO	14,05	13,65		
AGUA	1,30	1,08		
PESO DEL TARRO	7,48	8,12		
PESO DEL SUELO SECO	8,57	5,53		
% DE HUMEDAD	19,79	19,53		

LL : 23,5 %
LP : 19,7 %
IP : 3,8 %

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Saavedra

César A. Díaz Saavedra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Burga Fernández

Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 16927R

4.5. Diseño de mezcla Asfáltica por el Método de Marshall

Se decidió realizar 5 tipos de diseño de mezclas, variando la dosificación de los agregados y de los cementos asfálticos.

Como especifica el manual de carreteras y especificaciones técnicas se debe empezar a diseñar con un 4% mínimos de PEN.

Para este proyecto de investigación se realizaron desde 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de PEN en la dosificación del concreto asfáltico.

Tabla N° 33. Análisis granulométrico de los agregados



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948652622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".	
MATERIAL	: Mezcla de agregados y Cal	RESP. LAB. : S.B.F
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB. : C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA : 18/08/16

DATOS DE DISEÑO

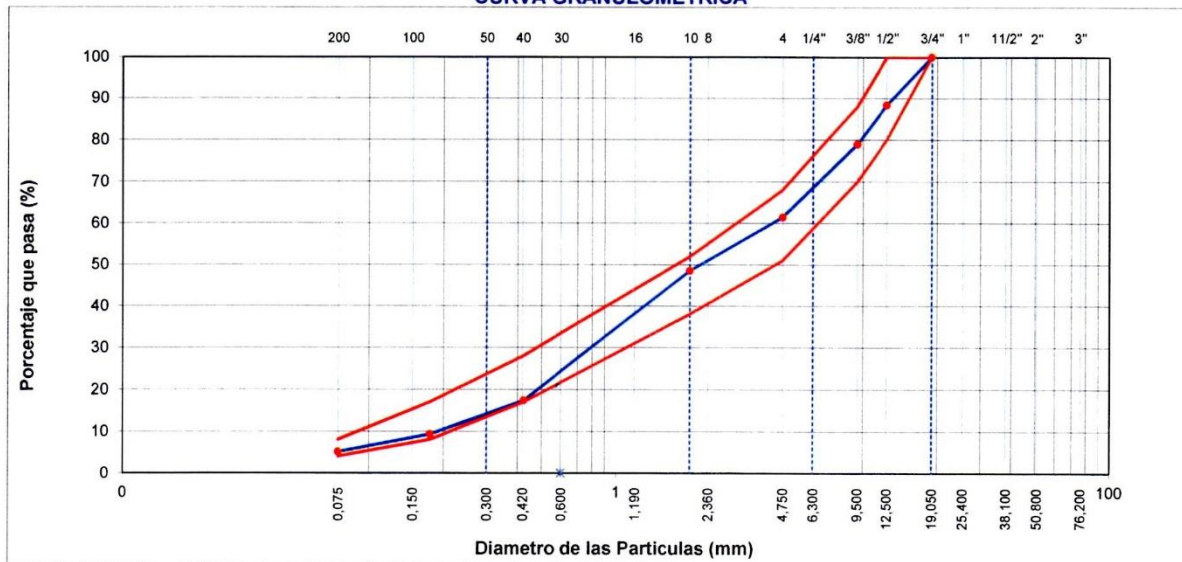
Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60-70	

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"
 Peso inicial seco : 5000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76,200					MAC - 2	
3/4"	19,000				100,0	100	
1/2"	12,500	583	11,7	11,7	88,3	80	100
3/8"	9,500	470	9,4	21,1	78,9	70	88
Nº 4	4,750	874	17,5	38,5	61,5	51	68
Nº 10	2,000	126,5	13,0	51,5	48,5	38	52
Nº 40	0,425	304,2	31,2	82,7	17,3	17	28
Nº 80	0,177	79,2	8,1	90,8	9,2	8	17
Nº 200	0,075	41,0	4,2	95,0	5,0	4	8
< Nº 200	FONDO	49,1	5,0	100,0			

Observación:

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

César A. Díaz Saavedra
 César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino Burga Fernández
 Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 169278

Tabla N° 34. Dosificación de concreto asfaltico 4.5%

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



- Mecánica de Suelos - **Viga Benkelman** - **Concreto** - Roturas de Testigos
 - Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - **Canteras** - Proyectos de Canteras
 - Cimentaciones - **Laboratorio** - **Autopistas** - Supervisión de Obras Civiles



Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".	
MATERIAL	: Mezcla de agregados y Cal	RESP. LAB. : S.B.F
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB. : C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA : 18/08/16

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz														
A Grava Triturada	38.54	36.81															
B Arena.	59.46	54.96															
C Filler	2	1.91	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200						
Mezcla			100	88.3	78.9	61.5			48.5	17.3	9.2	5.0					
Especificaciones IVB			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68			38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8					

#	Descripción	#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.81	36.81	36.81	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	54.96	54.96	54.96	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.82	1.82	1.82	
6	Peso específico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.4	6.5	6.3	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1200.4	1207.8	1198.4	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1200.5	1206.7	1201.1	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	673.6	674.4	676	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	526.9	532.3	525.1	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.278	2.269	2.282	2.276
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.405	2.405	2.405	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8))+4^2/(9+10))$	gr/cc.	2.522	2.522	2.522	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.29	5.67	5.12	5.36
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.505	2.505	2.505	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.747	2.747	2.747	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4^P-10))$	gr/cc.	2.518	2.518	2.518	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.22	0.22	0.22	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	85.12	84.78	85.27	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	9.59	9.55	9.61	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	14.88	15.22	14.73	14.94
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	4.30	4.30	4.30	
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	64.46	62.74	65.22	64.14
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1423	1381	1365	
32	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.96	
33	Estabilidad corregida $31*32$	kg	1366	1326	1311	1334
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35/0.254)$	pul.	13	12	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.05	3.30	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	4137	4350	3969	4152

Tabla N° 35. Dosificación de concreto asfáltico 5%



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
 - Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
 - Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".	
MATERIAL	: Mezcla de agregados y Cal	RESP. LAB. : S.B.F
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB. : C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA : 18/08/16

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz										
A Grava Triturada	38.54	36.61											
B Arena.	59.46	54.68											
C Filler	2	1.90	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4		Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
			Mezcla		100	88.3	78.9	61.5		48.5	17.3	9.2	5.0
			Especificaciones	IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.61	36.61	36.61	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	54.68	54.68	54.68	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%				
6	Peso especifico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.4	6.5	6.3	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1197.6	1200.4	1197.5	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1199.6	1202.9	1198.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	678.6	679.8	676.7	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	521	523.1	522.1	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.299	2.295	2.294	2.296
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.393	2.393	2.393	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8))+4^2/(9+10))$	gr/cc.	2.503	2.503	2.503	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	3.96	4.12	4.17	4.08
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.505	2.505	2.505	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.747	2.747	2.747	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3P- 8)+(4P-10))$	gr/cc.	2.524	2.524	2.524	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.30	0.30	0.30	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	85.42	85.28	85.23	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	10.62	10.60	10.60	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	14.58	14.72	14.77	14.69
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	4.72	4.72	4.72	
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	72.85	72.02	71.77	72.21
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1231	1363	1371	
32	Factor de estabilidad		1.00	0.96	1.00	
33	Estabilidad corregida $31*32$	kg	1231	1308	1371	1303
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	13	14	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.56	3.30	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	3728	3678	4152	3853

Tabla N° 36. Dosificación de concreto asfaltico 5.5%



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
 - Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
 - Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".	
MATERIAL	: Mezcla de agregados y Cal	RESP. LAB. : S.B.F
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB. : C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA : 18/08/16

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz														
A Grava Triturada	38.54	36.42															
B Arena.	59.46	54.40															
C Filler	2	1.89	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4				Nº10	Nº40	Nº80	Nº200			
Mezcla					100	88.3	78.9	61.5			48.5	17.3	9.2	5.0			
Especificaciones IVB					100	80 - 100	70 - 88	51 - 68			38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8			

1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.42	36.42	36.42	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	54.40	54.40	54.40	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.79	1.79	1.79	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.1	6.2	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1199.3	1198.8	1197.5	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1201.3	1200.3	1198.6	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	678.3	677.6	678.4	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	523	522.7	520.2	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.293	2.293	2.302	2.296
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.385	2.385	2.385	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.483	2.483	2.483	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	3.84	3.82	3.46	3.71
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.506	2.506	2.506	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.747	2.747	2.747	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))$	gr/cc.	2.534	2.534	2.534	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.45	0.45	0.45	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	84.75	84.76	85.08	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	11.42	11.42	11.46	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	15.25	15.24	14.92	15.14
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	5.09	5.09	5.09	
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	74.85	74.93	76.80	75.53
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1342	1358	1414	
32	Factor de estabilidad		0.96	0.96	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1289	1304	1414	1335
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	13	13	14	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.30	3.56	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	3902	3949	3976	3942

Tabla N° 37. Dosificación de concreto asfáltico 6%



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
 - Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
 - Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Mezcla de agregados y Cal	RESP. LAB. :	S.B.F
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB. :	C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA :	18/08/16

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz													
A Grava Triturada	38.54	36.23														
B Arena.	59.46	54.13														
C Filler	2	1.88	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4				Nº10	Nº40	Nº80	Nº200		
			Mezcla	100	88.3	78.9	61.5				48.5	17.3	9.2	5.0		
			Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68				38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#				
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.23	36.23	36.23	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	54.13	54.13	54.13	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.77	1.77	1.77	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.1	6.1	6.1	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1198.5	1197.7	1197.8	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1199.3	1184.0	1198.5	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	679.1	663.0	678.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	520.2	521	520.5	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.304	2.299	2.301	2.301
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.371	2.371	2.371	
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100/((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))	gr/cc.	2.464	2.464	2.464	
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	2.84	3.05	2.95	2.95
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	2.506	2.506	2.506	
22	Peso especifico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	2.746	2.746	2.746	
23	Peso especifico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P- 8)+(4*P-10))	gr/cc.	2.538	2.538	2.538	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.51	0.51	0.51	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	84.68	84.49	84.58	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	12.48	12.45	12.47	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	15.32	15.51	15.42	15.41
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	5.54	5.54	5.54	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	81.48	80.32	80.86	80.89
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1313	1334	1333	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1313	1334	1333	1327
34	Lectura del fleximetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	13	13	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.30	3.30	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	3977	4038	4038	4018

Tabla N° 38. Dosificación de concreto asfaltico 6.5%



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
 - Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
 - Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".	
MATERIAL	: Mezcla de agregados y Cal	RESP. LAB. : S.B.F
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB. : C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA : 18/08/16

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz									
A Grava Triturada	38.54	36.03										
B Arena.	59.46	53.85										
C Filler	2	1.87	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
Mezcla			100	88.3	78.9	61.5		48.5	17.3	9.2	5.0	
Especificaciones IVB			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	Descripción	#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.03	36.03	36.03	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	53.85	53.85	53.85	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.75	1.75	1.75	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.2	6.15	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1199.4	1204.8	1198.4	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1200.5	1206.7	1201.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	679.6	683.4	683	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	520.9	523.3	518.8	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.303	2.302	2.310	2.305
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.366	2.366	2.366	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))$	gr/cc.	2.446	2.446	2.446	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	2.66	2.67	2.35	2.56
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.507	2.507	2.507	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.746	2.746	2.746	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))$	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.72	0.72	0.72	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	84.16	84.16	84.43	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	13.17	13.17	13.21	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	15.84	15.84	15.57	15.75
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	5.85	5.85	5.85	
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	83.17	83.12	84.89	83.73
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1258	1429	1391	
32	Factor de estabilidad		1.00	0.96	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1258	1372	1391	1340
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35/0.254)$	pul.	13	14	14	14
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.56	3.56	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	3810	3859	3911	3860

Tabla N° 39. Presentación gráfica del diseño asfáltico con Cal



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos
- Asfalto en Caliente
- Cimentaciones

- Viga Benkelman
- Emulsiones Asfálticas
- Laboratorio

- Concreto
- Canteras
- Autopistas

- Roturas de Testigos
- Proyectos de Canteras
- Supervisión de Obras Civiles

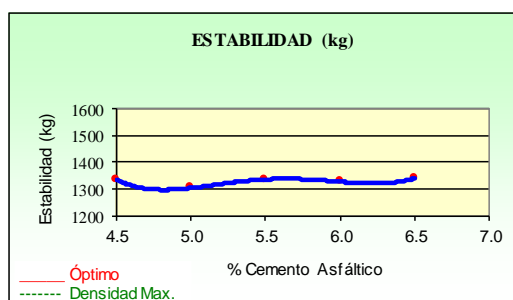
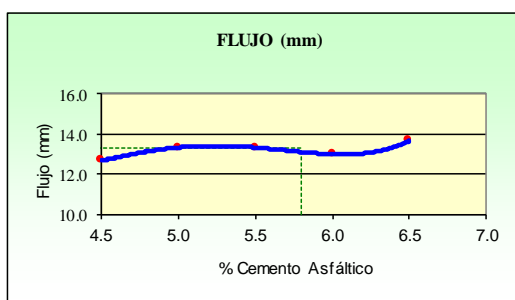
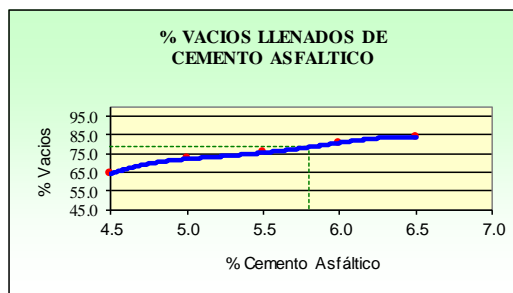
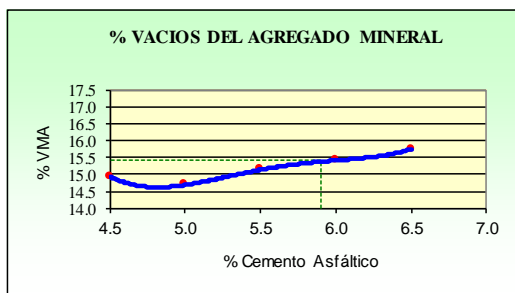
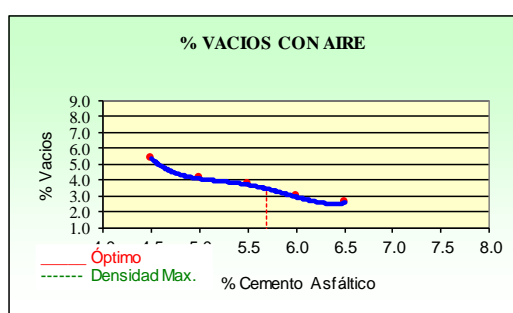
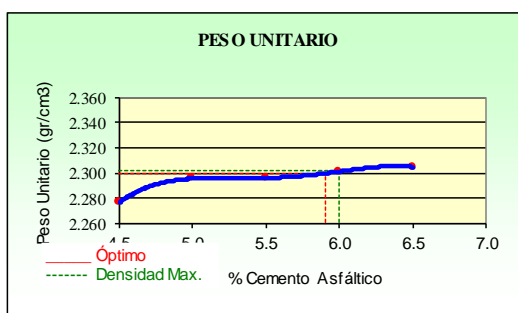
Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".		
MATERIAL	: Mezcla de agregados y Cal	RESP. LAB. :	S.B.F
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB. :	C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA :	18/08/16



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.7
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.302
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	15.40
Vacios Llenados de C.A (%)	79.00
Flujo (mm)	3.38
Estabilidad (Kg)	1350
Relación Polvo Asfalto	1.14

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

Tabla N° 40. Gravedad específica de mezcla bituminosa

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C



- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
 - Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
 - Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #946652622 - RPC: 954131476
 Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

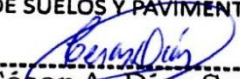


**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".	
MATERIAL	: Mezcla de agregados y Cal	RESP. LAB. : S.B.F
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	TEC. LAB. : C.D.S.
SOLICITANTE	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez	FECHA : 18/08/16

PORCENTAJE DE ASFALTO	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	OPCIÓN % 1.50
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000	1000	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911	2911	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2453	2451	2449	2447	2446	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3553,2	3550,9	3549,2	3546,6	3545,5	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100	1100	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	457	460	461	464	465	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2,405	2,393	2,385	2,371	2,366	

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5,7	DISEÑO	

SERVICIOS DE LABORATORIOS
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


César A. Díaz Saavedra
 TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.


Secundino Burga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 169278

4.6. Galería fotográfica de la elaboración de briquetas y ensayo Marshall (Laboratorio de Suelos y Pavimentos S.A.C)

Figura N° 30. Material pesado para elaboración de briquetas



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 31. Medición de la temperatura de la mezcla (140 °C)



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 32. Moldes de briquetas



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 33. Gata para separar la briqueta del molde



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 34. Peso seco de briquetas



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 35. Peso saturado de briquetas



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 36. Baño María de las briquetas, previo ensayo



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 37. Ensayo en la máquina de Marshall



Fuente: Propia, 2016

4.7. Resultados Marshall de briquetas elaboradas con polvo de ladrillo

Tabla N° 41. Dosificación de C.A con 80% Cal - 20% Polvo de ladrillo


		<p align="center">UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL</p>																			
<p>DOSIFICACIÓN DE CONCRETO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245</p>																					
DESCRIPCION		: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".																			
MATERIAL		: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo																			
CANTERA		: Tres Tomas - Ferreñafe																			
SOLICITANTE		: Fiorella Lizeth Valera Nuñez																			
Grava Chancada 3/4"		34%																			
Arena Chancada 1/4"		24%																			
Arena Zarandeada 1/4"		40%																			
Cal		2%																			
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70																					
Material		% Mezcla		% Diseño																	
A	Grava Triturada	38.54		36.34																	
B	Arena.	59.46		54.27																	
C	Filler	2		1.89																	
% Que Pasa el Tamiz																					
				1"		3/4"		1/2"		3/8"		Nº4		Nº10		Nº40		Nº80		Nº200	
Mezcla				100		88.3		78.9		61.5				48.5		17.3		9.2		5.0	
Especificaciones IVB		100		80 - 100		70 - 88		51 - 68				38 - 52		17 - 28		8 - 17		4 - 8			
% de filler Cal - Polvo de ladrillo 80 - 20																					
1	Numero de probeta	#		1		2		3		Prom.											
2	C.A. en peso de la mezcla	%		5.7		5.7		5.7													
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%		36.34		36.34		36.34													
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%		54.27		54.27		54.27													
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%		1.80		1.80		1.80													
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.		1.021		1.021		1.021													
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.		2.592		2.592		2.592													
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.		2.662		2.662		2.662		2.627											
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.		2.552		2.552		2.552													
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.		2.625		2.625		2.625		2.589											
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.		0.86		0.86		0.86													
12	Altura promedio de la probeta	cm.		6.1		6		6.2													
13	Peso de la probeta en el aire	gr.		1191.51		1195.3		1193.2													
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.		1195.54		1200.05		1197.9													
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 C	gr.		688.0		694		686													
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.		507.5		506.05		511.89													
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.		2.348		2.362		2.331		2.347											
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.		2.398		2.398		2.398													
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)))$	gr/cc.		2.476		2.476		2.476													
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%		2.10		1.50		2.80		2.14											
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.		2.505		2.505		2.505													
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.		2.747		2.747		2.747													
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4^*P-10))$	gr/cc.		2.559		2.559		2.559													
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%		0.86		0.86		0.86													
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)^*17/21$	%		86.61		87.15		86.00													
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%		11.28		11.35		11.20													
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%		13.39		12.85		14.00		13.41											
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)^*(3+4)$	%		4.92		4.92		4.92													
29	Relacion betun vacios $(26/27)^*100$	%		84.28		88.30		80.00		84.19											
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg		2045		1536		2350													
32	Factor de estabilidad			1.04		1.04		1.00													
33	Estabilidad corregida 31^*32	kg		2127		1598		2350		2025											
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35/0.254)$	pul.		12		8		9		10											
34	Fluencia	m.m.		3.05		2.03		2.29		2.46											
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.		6978		7862		10281		8374											

Tabla N° 44. Dosificación de C.A con 40% Cal - 60% Polvo de ladrillo


		<p align="center">UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL</p>											
<p>DOSIFICACIÓN DE CONCRETO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245</p>													
DESCRIPCION		: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".											
MATERIAL		: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo											
CANTERA		: Tres Tomas - Ferreñafe											
SOLICITANTE		: Fiorella Lizeth Valera Nuñez											
Grava Chancada 3/4"		34%											
Arena Chancada 1/4"		24%											
Arena Zarandeada 1/4"		40%											
Cal		2%											
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70													
Material		% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz									
A	Grava Triturada	38.54	36.34										
B	Arena.	59.46	54.30										
C	Filler	2	1.89	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4		Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla				100	88.3	78.9	61.5			48.5	17.3	9.2	5.0
Especificaciones IVB				100	80 - 100	70 - 88	51 - 68			38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
% de filler Cal - Polvo de ladrillo 40 - 60													
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.							
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.7	5.7	5.7								
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	36.34	36.34	36.34								
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	54.30	54.30	54.30								
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	1.77	1.77	1.77								
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021								
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592								
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627							
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552								
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589							
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86								
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.5	6.3	6.2								
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1197.08	1194.1	1190.5								
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1204.97	1200.5	1196.5								
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	677.0	680.0	678.0								
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	527.97	520.53	518.46								
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.267	2.294	2.296	2.286							
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.389	2.389	2.389								
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.476	2.476	2.476								
20	% de vacios con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.10	3.98	3.89	4.33							
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.506	2.506	2.506								
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.746	2.746	2.746								
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4^2/P - 10))$	gr/cc.	2.548	2.548	2.548								
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.66	0.66	0.66								
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4) * 17/21$	%	83.60	84.59	84.67								
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25+20)$	%	11.30	11.43	11.44								
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	16.40	15.41	15.33	15.71							
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.10	5.10	5.10								
29	Relacion betun vacios $(26/27) * 100$	%	68.89	74.15	74.62	72.55							
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1943	1926	1740								
32	Factor de estabilidad		0.96	1.00	1.00								
33	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1865	1926	1740	1844							
34	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	10	6	8	8							
34	Fluencia	m.m.	2.54	1.52	2.03	2.03							
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	7344	12639	8561	9515							

Tabla N° 45. Dosificación de C.A con 20% Cal - 80% Polvo de ladrillo


		<p align="center">UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL</p>												
<p>DOSIFICACIÓN DE CONCRETO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245</p>														
DESCRIPCION		: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".												
MATERIAL		: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo												
CANTERA		: Tres Tomas - Ferreñafe												
SOLICITANTE		: Fiorella Lizeth Valera Nuñez												
Grava Chancada 3/4"		34%												
Arena Chancada 1/4"		24%												
Arena Zarandeada 1/4"		40%												
Cal		2%												
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70														
Material		% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz										
A	Grava Triturada	38.54	36.34											
B	Arena.	59.46	54.31											
C	Filler	2	1.89	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4			Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla				100	88.3	78.9	61.5				48.5	17.3	9.2	5.0
Especificaciones IVB				100	80 - 100	70 - 88	51 - 68				38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
% de filler Cal - Polvo de ladrillo 20 - 80														
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.								
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.7	5.7	5.7									
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.34	36.34	36.34									
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	54.31	54.31	54.31									
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.76	1.76	1.76									
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021									
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592									
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627								
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552									
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589								
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86									
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.3	6.3	6.2									
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1190.41	1198.24	1189.5									
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1196.67	1208.08	1195.16									
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	676.0	685	675									
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	520.67	523.08	520.16									
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.286	2.291	2.287	2.288								
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.392	2.392	2.392									
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.475	2.475	2.475									
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.43	4.25	4.41	4.36								
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.507	2.507	2.507									
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.746	2.746	2.746									
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4/P-10))$	gr/cc.	2.552	2.552	2.552									
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^2*1)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.72	0.72	0.72									
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	84.29	84.45	84.30									
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	11.28	11.30	11.28									
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	15.71	15.55	15.70	15.65								
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	5.05	5.05	5.05									
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	71.79	72.69	71.89	72.12								
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1465	1706	1740									
32	Factor de estabilidad		1.00	0.96	1.00									
33	Estabilidad corregida 31^*32	kg	1465	1638	1740	1614								
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	8	9	9	9								
34	Fluencia	m.m.	2.03	2.29	2.29	2.20								
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	7209	7163	7610	7328								

Tabla N° 46. Dosificación de C.A con 100% Polvo de ladrillo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL

DOSIFICACIÓN DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".
MATERIAL	: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz													
A Grava Triturada	38.54	36.34														
B Arena.	59.46	54.31														
C Filler	2	1.89	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4				Nº10	Nº40	Nº80	Nº200		
Mezcla			100	88.3	78.9	61.5					48.5	17.3	9.2	5.0		
Especificaciones IVB			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68					38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		

% de filler Cal - Polvo de ladrillo 0 - 100						
		#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.7	5.7	5.7	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.34	36.34	36.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	54.31	54.31	54.31	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.76	1.76	1.76	
6	Peso especifico aparente de cemento asfaltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.2	6.15	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1199.82	1189.74	1194.5	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1206.84	1205.15	1203.81	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	685.0	687	679	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	521.84	518.15	524.81	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.299	2.296	2.276	2.290
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.392	2.392	2.392	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.475	2.475	2.475	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	3.89	4.02	4.86	4.26
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.507	2.507	2.507	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.746	2.746	2.746	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P- 8)+(4^*P-10))$	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.72	0.72	0.72	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)^*17/21$	%	84.76	84.65	83.91	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	11.35	11.33	11.23	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	15.24	15.35	16.09	15.56
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)^*(3+4)$	%	5.05	5.05	5.05	
29	Relacion betun vacios $(26/27)^*100$	%	74.45	73.80	69.80	72.68
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1485	1675	2113	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	0.96	
33	Estabilidad corregida 31^*32	kg	1485	1675	2028	1729
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	7	8	9	8
34	Fluencia	m.m.	1.78	2.03	2.29	2.03
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	8354	8242	8873	8490

Tabla N° 47. Gráficas de las briquetas con cal y polvo de ladrillo



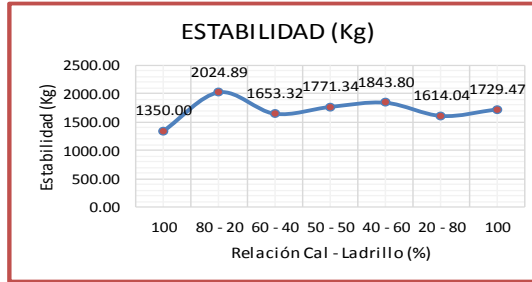
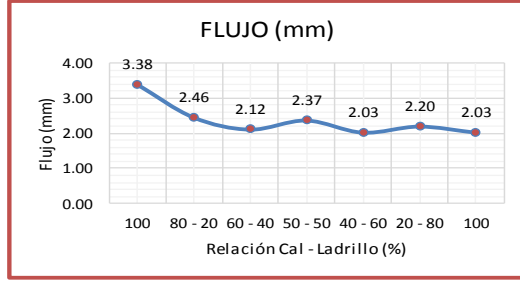
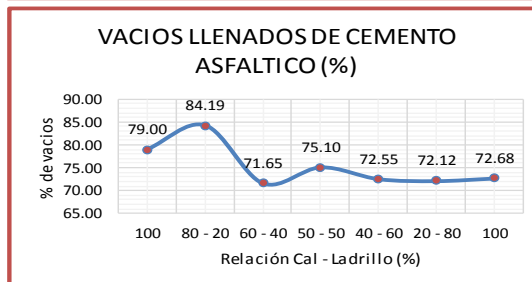
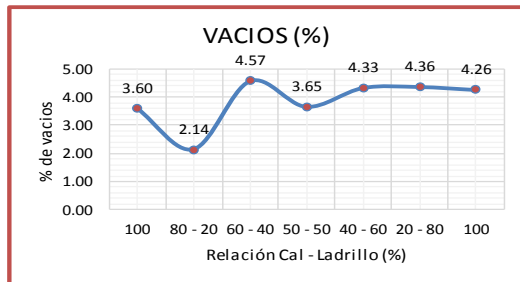
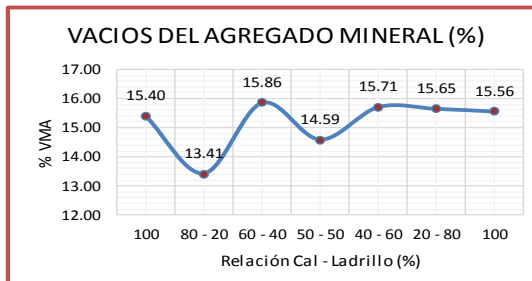
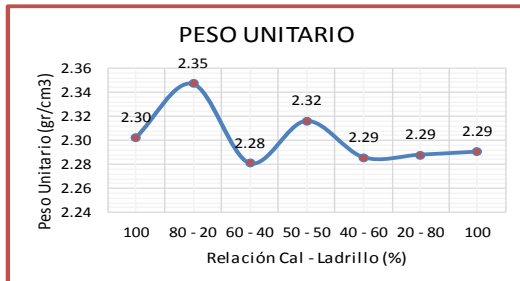
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL

**ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS
 VARIANDO EL % DE FILLER CAL - POLVO DE LADRILLO**

DESCRIPCION : "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".
MATERIAL : Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA : Fiorella Lizeth Valera Nuñez

RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	5.73
Peso Unitario (gr/cm2)	2.30
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	15.40
Vacios Llenados de C.A (%)	79.00
Flujo (mm)	3.38
Estabilidad (Kg)	1350.00
Indice de Rigidez (kg/cm)	3250.00
Relación Polvo Asfalto	1.14

Relación Cal - Ladrillo	Peso Unitario	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo mm	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto
100	2.30	3.60	15.40	79.00	3.38	1350.00	1.14
80 - 20	2.35	2.14	13.41	84.19	2.46	2024.89	1.14
60 - 40	2.28	4.57	15.86	71.65	2.12	1653.32	1.14
50 - 50	2.32	3.65	14.59	75.10	2.37	1771.34	1.14
40 - 60	2.29	4.33	15.71	72.55	2.03	1843.80	1.14
20 - 80	2.29	4.36	15.65	72.12	2.20	1614.04	1.14
100	2.29	4.26	15.56	72.68	2.03	1729.47	1.14



4.8. Galería fotográfica de la elaboración de briquetas y ensayo Marshall (Laboratorio USAT)

Figura N° 38. Material para elaboración de briquetas



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 39. PEN 60/70, moldes, y agregados en horno



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 40. Balanza, hornilla eléctrica y mezcla de asfalto



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 41. Medición de la temperatura de la mezcla



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 42. Elaboración de briquetas



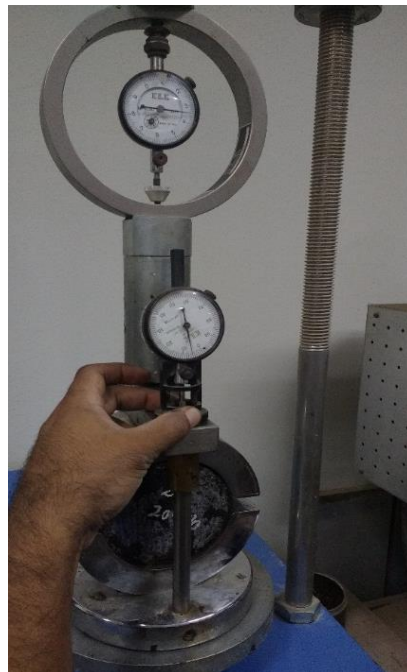
Fuente: Propia, 2016

Figura N° 43. Baño María de las briquetas



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 44. Briqueta en Marshall



Fuente: Propia, 2016

4.9. Resultados Marshall de briquetas elaboradas con polvo de ladrillo de ladrilleras Sol del Norte, Lambayeque y residuos ubicados en diferentes puntos (Salida a Pimentel, Salida a Pomalca y Salida a Monsefú)

Tabla N° 48. Dosificación de C.A con residuos de carretera Pomalca



		<p align="center">UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL</p>													
<p>DOSIFICACIÓN DE CONCRETO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245</p>															
DESCRIPCION		: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".													
MATERIAL		: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo													
CANTERA		: Tres Tomas - Ferreñafe													
SOLICITANTE		: Fiorella Lizeth Valera Nuñez													
Grava Chancada 3/4"		34%													
Arena Chancada 1/4"		24%													
Arena Zarandeada 1/4"		40%													
Cal		2%													
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70															
Material		% Mezcla	% Diseño												
A	Grava Triturada	38.54	36.34												
B	Arena.	59.46	54.27												
C	Filler	2	1.89												
				% Que Pasa el Tamiz											
				1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200			
Mezcla				100	88.3	78.9	61.5		48.5	17.3	9.2	5.0			
Especificaciones IVB				100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8			
% de filler Cal - Polvo de ladrillo (Residuos 2)															
1	<i>Numero de probeta</i>	#	1	2	3	Prom.									
2	<i>C.A. en peso de la mezcla</i>	%	5.7	5.7	5.7										
3	<i>% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)</i>	%	36.34	36.34	36.34										
4	<i>% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)</i>	%	54.27	54.27	54.27										
5	<i>% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)</i>	%	1.80	1.80	1.80										
6	<i>Peso específico aparente de cemento asfáltico</i>	gr/cc.	1.021	1.021	1.021										
7	<i>Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 206)</i>	gr/cc.	2.592	2.592	2.592										
8	<i>Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 206)</i>	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627									
9	<i>Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)</i>	gr/cc.	2.552	2.552	2.552										
10	<i>Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)</i>	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589									
11	<i>Peso específico aparente del filler</i>	gr/cc.	0.86	0.86	0.86										
12	<i>Altura promedio de la probeta</i>	cm.	6.5	6.5	6.6										
13	<i>Peso de la probeta en el aire</i>	gr.	1198.95	1198.02	1197.9										
14	<i>Peso de la probeta saturada superficialmente seca</i>	gr.	1204.98	1204.19	1202.3										
15	<i>Peso de la Probeta en el Agua</i>	gr.	682.0	682	676										
16	<i>Volumen de la Probeta 14-15</i>	c.c.	523.0	522.19	526.29										
17	<i>Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)</i>	gr/cc.	2.293	2.294	2.276	2.288									
18	<i>Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209 ,MTC E 508)</i>	gr/cc.	2.361	2.361	2.361										
19	<i>Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8))+4^2/(9+10))$</i>	gr/cc.	2.476	2.476	2.476										
20	<i>% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)</i>	%	2.88	2.81	3.57	3.09									
21	<i>Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$</i>	gr/cc.	2.505	2.505	2.505										
22	<i>Peso específico Aparente del agregado total $(100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$</i>	gr/cc.	2.747	2.747	2.747										
23	<i>Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4^*P-10))$</i>	gr/cc.	2.513	2.513	2.513										
24	<i>Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)</i>	%	0.13	0.13	0.13										
25	<i>% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)^*17/21$</i>	%	84.58	84.64	83.98										
26	<i>% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$</i>	%	12.54	12.55	12.45										
27	<i>% vacios del agregado mineral $100-25$</i>	%	15.42	15.36	16.02	15.60									
28	<i>Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)^*(3+4)$</i>	%	5.59	5.59	5.59										
29	<i>Relacion betun vacios $(26/27)^*100$</i>	%	81.32	81.71	77.70	80.25									
31	<i>Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)</i>	kg	1855	1841	2028										
32	<i>Factor de estabilidad</i>		0.96	1.00	0.96										
33	<i>Estabilidad corregida 31^*32</i>	kg	1781	1841	1947	1856									
34	<i>Lectura del fleximetro (0.01") $(35/0.254)$</i>	pul.	7	8	7	7									
34	<i>Fluencia</i>	m.m.	1.78	2.03	1.78	1.86									
35	<i>Relacion Estabilidad / Fluencia</i>	m.m.	10016	9062	10950	10009									

Tabla N° 51. Dosificación de C.A con residuos de Cerámicos Lambayeque

		<p align="center">UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL</p>											
<p align="center">DOSIFICACIÓN DE CONCRETO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245</p>													
DESCRIPCION		: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".											
MATERIAL		: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo											
CANTERA		: Tres Tomas - Ferreñafe											
SOLICITANTE		: Fiorella Lizeth Valera Nuñez											
Grava Chancada 3/4"		34%											
Arena Chancada 1/4"		24%											
Arena Zarandeada 1/4"		40%											
Cal		2%											
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70													
Material		% Mezcla	% Diseño										
A	Grava Triturada	38.54	36.34										
B	Arena.	59.46	54.30										
C	Filler	2	1.89										
				% Que Pasa el Tamiz									
				1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4		Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla				100	88.3	78.9	61.5			48.5	17.3	9.2	5.0
Especificaciones IVB				100	80 - 100	70 - 88	51 - 68			38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
% de filler Cal - Polvo de ladrillo (Lambayeque)													
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.							
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.7	5.7	5.7								
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.34	36.34	36.34								
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	54.30	54.30	54.30								
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.77	1.77	1.77								
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021								
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592								
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627							
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552								
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589							
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86								
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.6	6.5	6.2								
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1200.16	1200.9	1196.5								
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1204.83	1206.4	1200.0								
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	687.0	691.0	662.0								
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	517.83	515.4	538.01								
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.318	2.330	2.224	2.291							
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASTHO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.391	2.391	2.391								
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.476	2.476	2.476								
20	% de vacios con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	3.08	2.56	7.00	4.21							
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.506	2.506	2.506								
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.746	2.746	2.746								
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4^2/P - 10))$	gr/cc.	2.550	2.550	2.550								
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23^2 * 1)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.70	0.70	0.70								
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4) * 17/21$	%	85.46	85.91	82.00								
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25+20)$	%	11.46	11.52	11.00								
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	14.54	14.09	18.00	15.54							
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	5.06	5.06	5.06								
29	Relacion betun vacios $(26/27) * 100$	%	78.82	81.80	61.11	73.91							
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1994	1916	1987								
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	0.93								
33	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1994	1916	1848	1919							
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	8	8	8	8							
34	Fluencia	m.m.	2.03	2.03	2.03	2.03							
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	9813	9430	9095	9446							

4.10. Galería fotográfica de la Elaboración de briquetas de diferentes ladrilleras y zonas de recojo de residuos

Figura N° 45. Briquetas elaboradas con polvo de ladrillo



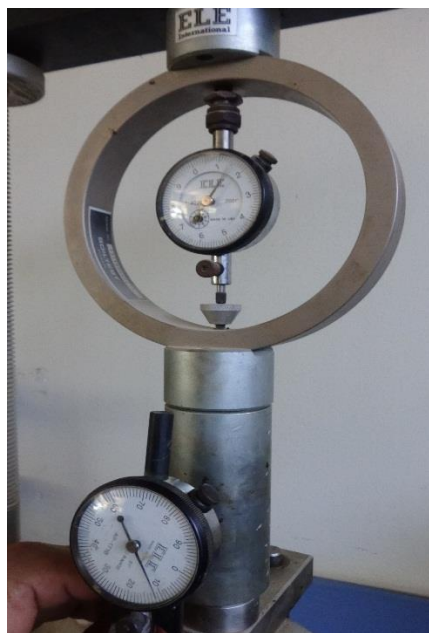
Fuente: Propia, 2016

Figura N° 46. Briquetas en baño maría, previas a la rotura en MARSHALL



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 47. Dial para lectura de estabilidad y de flujo



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 48. Peso de molde y medición de la temperatura para ensayo RICE



Fuente: Propia, 2016

Figura N° 49. Ensayo RICE



Fuente: Propia, 2016

4.11. Pruebas Preliminares

4.11.1. Determinación de las propiedades de los agregados minerales

Los agregados minerales para la elaboración de las mezclas asfálticas para el ensayo Marshall son provenientes de la planta “ASFALPACA” ubicada a 4.5 Km de la ciudad de Ferreñafe. Se han realizado los ensayos establecidos en los requerimientos del Manual de Carreteras EG-2013 (Ver tabla 1 y 2).

Los resultados obtenidos de los ensayos de la piedra chancada, arena zarandeada y arena chancada cumplen con los rangos establecidos en el Manual antes mencionado. Al filler o relleno mineral, en este caso, la cal hidratada y el polvo de ladrillo se le realizaron de igual manera los ensayos establecidos en el Manual de Carreteras.

Tabla N° 52. Resumen de las propiedades del agregado grueso

Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultados	Observ
Durabilidad (sulfato de sodio)	MTC E 209	12 % máx.	8.1%	Cumple
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	20.2%	Cumple

Partículas chatas y Alargadas	MTC E 221	10% máx.	8.7%	Cumple
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	86.2/98.8	Cumple
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.08%	Cumple
Absorción	MTC E 206	1.0% máx.	1.0%	Cumple
Adherencia	MTC E 519	>95	+95	Cumple

Fuente: Propia, 2016

Tabla N° 53. Resumen de las propiedades del agregado fino

Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultados	Observ.
Equivalente de arena	MTC E 114	60% mín.	63.3%	Cumple
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4 mín.	Grado 5	Cumple
Índice de plasticidad (Malla N°40)	MTC E 111	N. P	N. P	Cumple
Sales solubles totales	MTC E 2019	0.5% máx.	0.11%	Cumple
Absorción	MTC E 205	Según diseño	1.10%	Cumple

Fuente: Propia, 2016

Tabla N° 54. Resumen de las propiedades del filler

Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultados	Observ.
ENSAYO DE AZUL METILENO	NTP - TP - 57	8 mg/g		
Cal hidratada			4	CUMPLE
Ladrillo artesanal			6	CUMPLE
Ladrillo de fabrica			5	CUMPLE

Fuente: Propia, 2016

4.11.2. Determinación del óptimo porcentaje de Asfalto por el diseño Marshall

Para poder determinar el óptimo porcentaje de asfalto se han realizado 15 probetas (3 por cada porcentaje), el intervalo de cemento asfáltico se varió cada 0.5% comenzando en 4.5% hasta 6.5%, siendo el mínimo indicado en el Manual de Carreteras 4%. Se ha tomado la clase de mezcla A que indica 75 golpes por lado (tráfico pesado) y para la gradación de la combinación de agregados (AASTM D 3515) al MAC – 2 por ser el mejor gradado y con partículas no muy grandes que puedan producir vacíos en la mezcla.

El porcentaje óptimo de cemento a utilizar en las briquetas donde se reemplazará la cal hidratada por polvo de ladrillo será de 5.7%

Tabla N° 55. Combinación física y teórica de agregados para la mezcla asfáltica ASTM D - 3515

Tamices	Agregados a intervenir				MAC		
	Tolva 1 Piedra chancada	Tolva 2 Arena Chancada	Tolva 3 Arena Zarandeada	Tolva 4 Filler Cal	Comb. Teórica	Especifica.	
	34.0%	24.0%	40.0%	2.0%		MAC 2	
¾"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1/2"	57.6	100.0	100.0	100.0	85.6	80	100
3/8"	28.1	100.0	100.0	100.0	75.6	70	88
#4	0.6	92.4	95.5	100.0	62.6	51	68
#8							
#10	0.0	67.6	79.6	100.0	50.1	38	52
#40		28.6	27.4	100.0	19.8	17	28
#50							
#80		16.2	12.7	99.7	11.0	8	17
#200		10.6	6.3	96.7	7.0	4	8

Fuente: Propia, 2016

Tabla N° 56. Porcentajes de los materiales para la mezcla

Agregados	Diseño MAC – 2
Piedra Chancada ¾"	34.0 %
Arena Zarandeada ¼"	40.0 %
Arena Chancada ¼"	24.0 %
Filler (Cal)	2.0 %
Cemento asfáltico PEN 60/70	5.7 %

Fuente: Propia, 2016

Tabla N° 57. Resumen de las propiedades de la Mezcla Asfáltica, diseño ASTM D 3515

Parámetro	Especificaciones de la Mezcla Asfáltica	Resultado teórico de la gráfica	Observ.
Marshall (MTC E 504)			
N° de golpes por lado	75	75	
Estabilidad (mín.)	815 kg	1350 kg	Cumple
Flujo (mm)	2 - 4	3.38	Cumple
Porcentaje de Vacíos con aire (MTC E 505)	3 – 5	3.6	Cumple
Vacíos del agregado mineral	14 mín.	15.40	Cumple
Índice de rigidez	1700 – 4000 Kg	2528	Cumple
Contenido de cemento asfáltico	>	5.7	Cumple

Fuente: Propia, 2016


4.12. Diseño de mezcla asfáltica por el método de Marshall – Utilizando como relleno mineral polvo de ladrillo.

Se decidió realizar 5 tipos de diseño de mezclas, variando la dosificación de los agregados y de los cementos asfálticos. Y en este caso el relleno mineral o filler fue el polvo de ladrillo.

Como especifica el manual de carreteras y especificaciones técnicas se debe empezar a diseñar con un 4% mínimos de PEN.

Para este proyecto de investigación se realizaron desde 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de PEN en la dosificación del concreto asfáltico.

Tabla N° 58. Dosificación de concreto asfáltico 4.5% - con ladrillo

 <p>USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo</p>	<p>UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL</p>
--	--

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO ASFALTICO PARA DETERMINAR EL ÓPTIMO

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".
MATERIAL	: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz											
A Grava Triturada	38.54	36.81												
B Arena.	59.46	54.96												
C Filler	2	1.91	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4			Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
			100	88.3	78.9	61.5	44.6	22.7	48.5	17.3	9.2	5.0		
			Especificaciones	IVB										
			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		

#	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.81	36.81	36.81	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	54.96	54.96	54.96	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.82	1.82	1.82	
6	Peso especifico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.5	6.5	6.5	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1199.57	1200.4	1198.4	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1202.76	1204.73	1200.1	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	689.0	685	676	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	513.8	519.73	524.1	
17	Peso Unitario de la Probeta	gr/cc.	2.335	2.310	2.287	2.310
18	Peso especifico teorico maximo (Rice)	gr/cc.	2.395	2.395	2.395	
19	Maxima densidad teorica de los agregados	gr/cc.	2.522	2.522	2.522	
20	% de vacios con aire	%	2.51	3.56	4.52	3.53
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.505	2.505	2.505	
22	Peso especifico Aparente del agregado total	gr/cc.	2.747	2.747	2.747	
23	Peso especifico efectivo del agregado total	gr/cc.	2.506	2.506	2.506	
24	Asfalto absorbido por el agregado total	%	0.02	0.02	0.02	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	87.24	86.30	85.44	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta	%	10.25	10.14	10.04	
27	% vacios del agregado mineral	%	12.76	13.70	14.56	13.68
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla	%	4.48	4.48	4.48	
29	Relacion betun vacios	%	80.34	74.01	68.93	74.43
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2503	2377	1365	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	0.96	
33	Estabilidad corregida	kg	1485	1360	1311	1385
34	Lectura del fleximetro	pul.	8	9	9	9
34	Fluencia	m.m.	2.03	2.29	2.29	

Tabla N° 59. Dosificación de concreto asfáltico 5.0% - con ladrillo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO ASFALTICO PARA DETERMINAR EL ÓPTIMO

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".
MATERIAL	: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	38.54	36.61
B Arena.	59.46	54.68
C Filler	2	1.90

Que Pasa el Tamiz													
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4			Nº10	Nº40	Nº80	Nº200		
Mezcla	100	88.3	78.9	61.5	44.6	22.7	48.5	17.3	9.2	5.0			
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8			

#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.0	5.0	5.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	36.61	36.61	36.61
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	54.68	54.68	54.68
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	1.81	1.81	1.81
6	Peso especifico aparente de cemento asfáltico	1.021	1.021	1.021
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	2.592	2.592	2.592
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	2.662	2.662	2.627
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	2.552	2.552	2.552
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	2.625	2.625	2.625
11	Peso especifico aparente del filler	0.86	0.86	0.86
12	Altura promedio de la probeta	6.5	6.5	6.5
13	Peso de la probeta en el aire	1198.39	1196.71	1197.3
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	1203.52	1199.32	1198.6
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	683.0	687	676.5
16	Volumen de la Probeta 14-15	520.52	512.32	522.1
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	2.302	2.336	2.293
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	2.386	2.386	2.386
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)))$	2.503	2.503	2.503
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	3.51	2.11	3.89
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	2.505	2.505	2.505
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	2.747	2.747	2.747
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4^*P-10))$	2.515	2.515	2.515
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	0.16	0.16	0.16
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	85.56	86.80	85.22
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	10.93	11.09	10.89
27	% vacios del agregado mineral 100-25	14.44	13.20	14.78
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	4.85	4.85	4.85
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	75.68	84.04	73.67
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	1238	1536	1473
32	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00
33	Estabilidad corregida $31*32$	1238	1536	1473
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35/0.254)$	10	8	8
34	Fluencia	2.54	2.03	2.03

Tabla N° 60. Dosificación de concreto asfáltico 5.5% - con ladrillo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO ASFALTICO PARA DETERMINAR EL ÓPTIMO

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".
MATERIAL	: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	38.54	36.42
B Arena.	59.46	54.40

C	Filler	2	1.89	% Que Pasa el Tamiz									
				1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
	Mezcla			100	88.3	78.9	61.5	44.6	22.7	48.5	17.3	9.2	5.0
	Especificaciones IVB			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.5	5.5	5.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	36.42	36.42	36.42
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	54.40	54.40	54.40
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	1.79	1.79	1.79
6	Peso especifico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.021	1.021	1.021
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc. 2.592	2.592	2.592
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc. 2.662	2.662	2.662
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc. 2.552	2.552	2.552
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc. 2.625	2.625	2.625
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc. 0.86	0.86	0.86
12	Altura promedio de la probeta	cm. 6.5	6.5	6.5
13	Peso de la probeta en el aire	gr. 1195.27	1197.76	1198.0
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr. 1197.82	1202.18	1199
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr. 681.0	687	683.4
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c. 516.82	515.18	515.6
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc. 2.313	2.325	2.323
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc. 2.373	2.373	2.373
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))$	gr/cc. 2.483	2.483	2.483
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	2.55	2.04
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc. 2.506	2.506	2.506
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc. 2.747	2.747	2.747
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P- 8)+(4*P- 10))$	gr/cc. 2.520	2.520	2.520
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.23	0.23
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	85.47	85.93
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	11.98	12.04
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	14.53	14.07
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	5.29	5.29
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	82.45	85.54
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1740	1740
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1740	1740
34	Lectura del fleximetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	8	8
34	Fluencia	m.m.	2.03	2.03

Tabla N° 61. Dosificación de concreto asfáltico 6.0% - con ladrillo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO ASFALTICO PARA DETERMINAR EL ÓPTIMO

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".
MATERIAL	: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo
CANtera	: Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	38.54	36.23
B Arena.	59.46	54.13

C Filler	2	1.88	% Que Pasa el Tamiz										
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4			Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

Mezcla	100	88.3	78.9	61.5	44.6	22.7	48.5	17.3	9.2	5.0
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.23	36.23	36.23	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	54.13	54.13	54.13	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.77	1.77	1.77	
6	Peso especifico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.5	6.5	6.5	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1196.6	1204.2	1198.8	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1198.04	1206.6	1201.5	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	688.0	698.0	680.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	510.04	508.6	521.5	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.346	2.368	2.299	2.338
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.364	2.364	2.364	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.464	2.464	2.464	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	0.76	-0.15	2.76	1.12
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.506	2.506	2.506	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.746	2.746	2.746	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P- 8)+(4^*P-10))$	gr/cc.	2.529	2.529	2.529	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.37	0.37	0.37	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)^*17/21$	%	86.23	87.03	84.49	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	13.01	13.13	12.75	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	13.77	12.97	15.51	14.08
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)^*(3+4)$	%	5.67	5.67	5.67	
29	Relacion betun vacios $(26/27)^*100$	%	94.48	101.19	82.19	92.62
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1533	1909	1590	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida 31^*32	kg	1533	1909	1590	1677
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	9	8	9	9
34	Fluencia	m.m.	2.29	2.03	2.29	

Tabla N° 62. Dosificación de concreto asfáltico 6.5% - con ladrillo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO ASFALTICO PARA DETERMINAR EL ÓPTIMO

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla Asfáltica".
MATERIAL	: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez

Grava Chancada 3/4"	34%
Arena Chancada 1/4"	24%
Arena Zarandeada 1/4"	40%
Cal	2%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz													
A Grava Triturada	38.54	36.03														
B Arena.	59.46	53.85														
C Filler	2	1.87	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4				Nº10	Nº40	Nº80	Nº200		
					100	88.3	78.9	61.5	44.6	22.7	48.5	17.3	9.2	5.0		
					100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		

		#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.03	36.03	36.03	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	53.85	53.85	53.85	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	1.75	1.75	1.75	
6	Peso especifico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.592	2.592	2.592	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.662	2.662	2.662	2.627
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.552	2.552	2.552	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.625	2.625	2.625	2.589
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.5	6.2	6.5	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1194.2	1196.41	1194.0	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1196.62	1198.76	1195.4	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	692.0	687	679	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	504.62	511.76	516.4	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.367	2.338	2.312	2.339
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.363	2.363	2.363	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.446	2.446	2.446	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	-0.17	1.05	2.13	1.00
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	2.507	2.507	2.507	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.746	2.746	2.746	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4^P-10))$	gr/cc.	2.548	2.548	2.548	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.66	0.66	0.66	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(23*21)*17/21$	%	86.50	85.45	84.52	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	13.67	13.50	13.35	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	13.50	14.55	15.48	14.51
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	5.91	5.91	5.91	
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	101.25	92.81	86.23	93.43
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1258	1429	1391	
32	Factor de estabilidad		1.04	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida $31*32$	kg	1394	1434	1445	1424
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	10	10	10	10
34	Fluencia	m.m.	2.54	2.54	2.54	

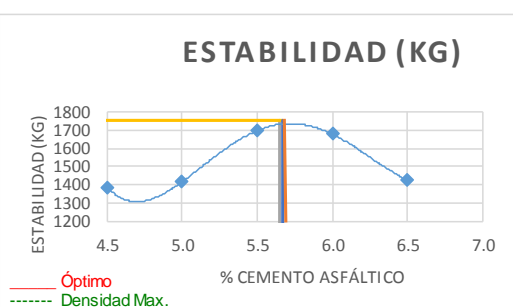
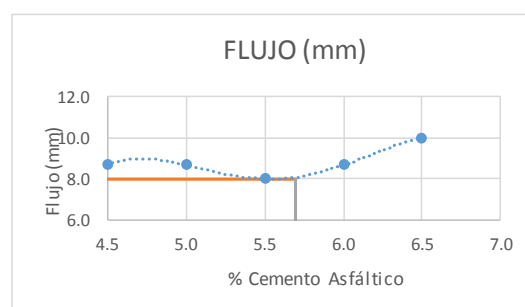
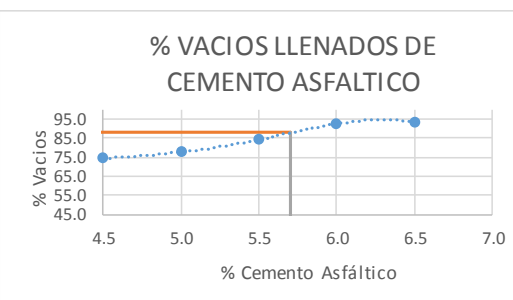
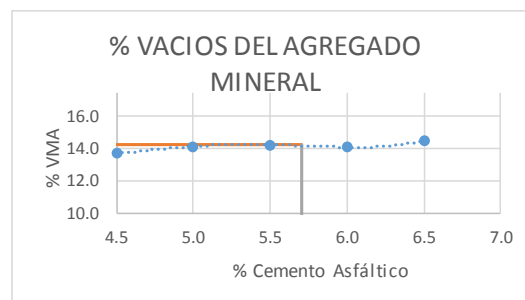
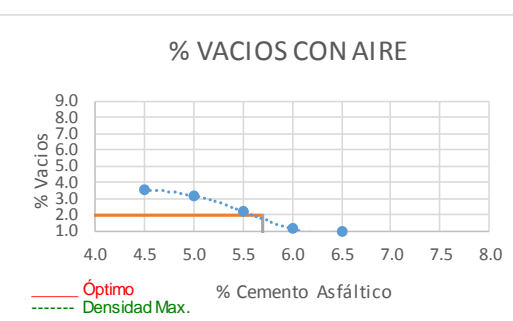
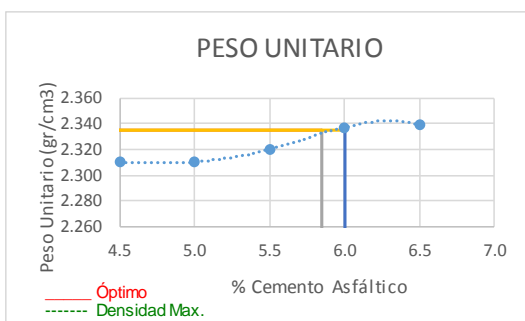
Tabla N° 63. Presentación gráfica del diseño asfáltico con polvo de ladrillo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO ASFÁLTICO PARA DETERMINAR EL ÓPTIMO

DESCRIPCION	: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla
MATERIAL	: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA	: Fiorella Lizeth Valera Nuñez



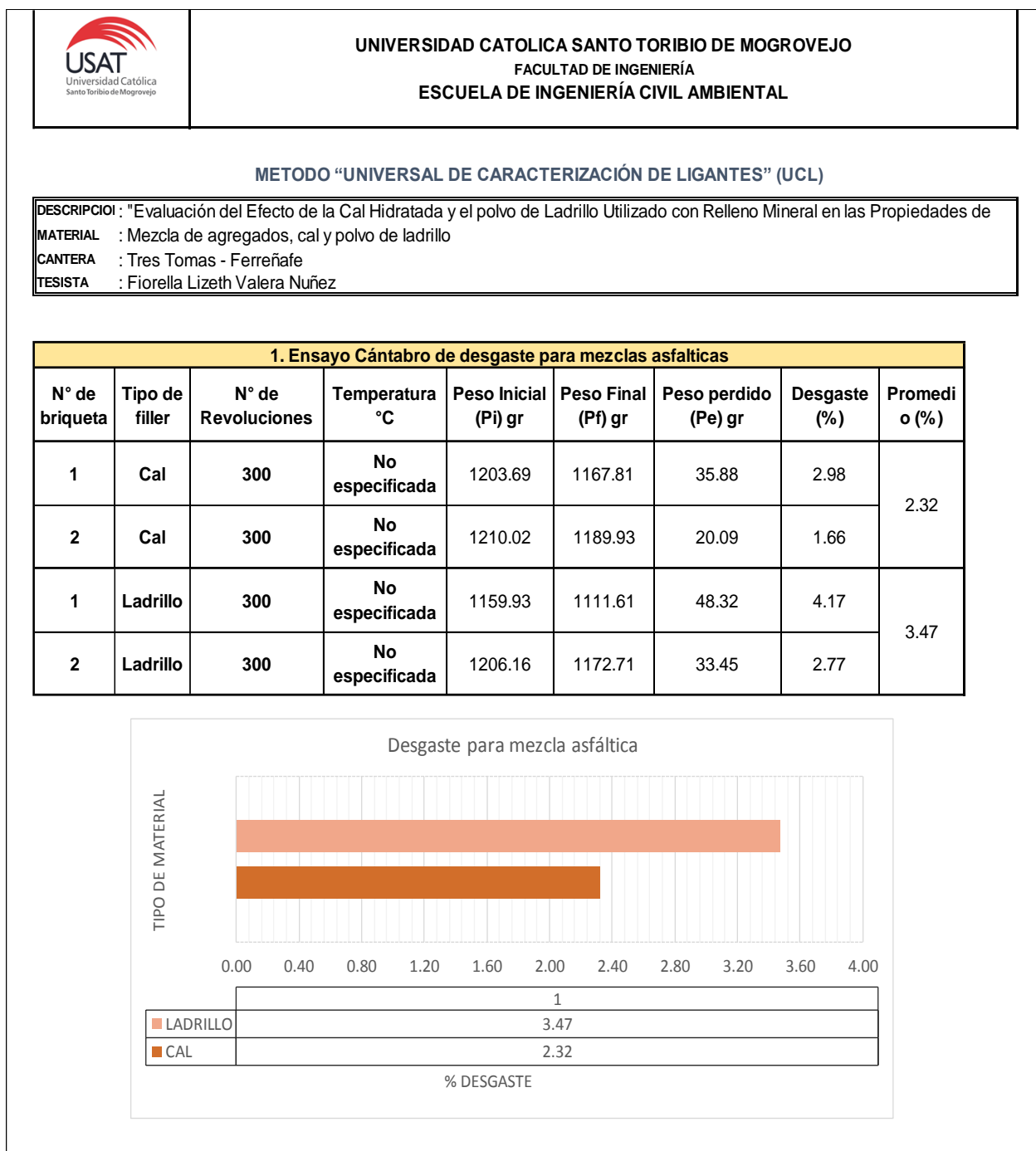
RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.7
Peso Unitario (gr/cm2)	2.335
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	14.20
Vacios Llenados de C.A (%)	88.00
Flujo (mm)	2.03
Estabilidad (Kg)	1750
Relación Polvo Asfalto	1.14

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad

4.13. Método “Universal de caracterización de ligantes” (UCL)

Este ensayo se ha realizado sometiendo las briquetas de mezclas asfáltica, a diferentes temperaturas y a la acción del agua para ver el porcentaje de desgaste de un diseño de mezcla tradicional y uno reemplazando la Cal Hidratada por el polvo de ladrillo como filler.

Tabla N° 64. Resultados obtenidos del ensayo Cántabro de desgaste para mezcla asfáltica y gráfico



Fuente: Propia, 2017

Tabla N° 65. Resultados obtenidos del ensayo de Adhesividad en seco y tras inmersión térmica

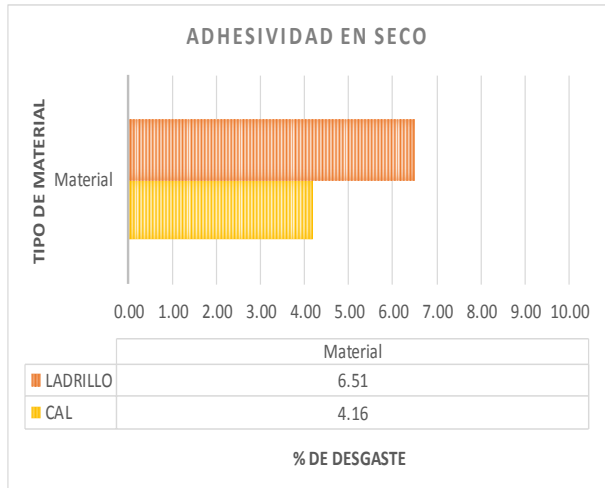
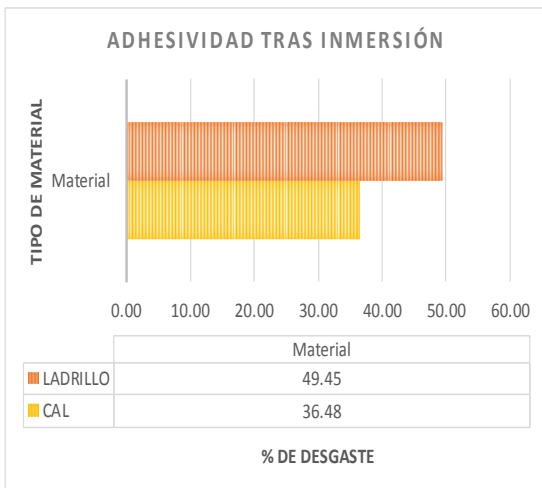


UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

METODO "UNIVERSAL DE CARACTERIZACIÓN DE LIGANTES" (UCL)

DESCRIPCIÓN: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una Mezcla
MATERIAL : Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA : Fiorella Lizeth Valera Nuñez

2. Adhesividad en seco y tras inmersión									
N° de briqueta	Tipo de filler	N° de Revoluciones	Temperatura sumergido °C	Temperatura para secado °C	Peso Inicial (Pi) gr	Peso Final (Pf) gr	Peso perdido (Pe) gr	Desgaste (%)	Promedio (%)
3	Cal	300	60°C	25 - 30 °C	1201.62	646.10	555.52	46.23	36.48
4	Cal	300	60°C	25 - 30 °C	1208.04	885.10	322.94	26.73	
3	Ladrillo	300	60°C	25 - 30 °C	1201.20	684.20	517.00	43.04	49.45
4	Ladrillo	300	60°C	25 - 30 °C	1203.37	531.20	672.17	55.86	
7	Cal	300	-	25 - 30 °C	1209.05	1151.98	57.07	4.72	4.16
8	Cal	300	-	25 - 30 °C	1205.51	1162.11	43.40	3.60	
7	Ladrillo	300	-	25 - 30 °C	1187.25	1101.26	85.99	7.24	6.51
8	Ladrillo	300	-	25 - 30 °C	1203.22	1133.71	69.51	5.78	



Fuente: Propia, 2017

Tabla N° 66. Resultados del ensayo de Susceptibilidad térmica y grafico



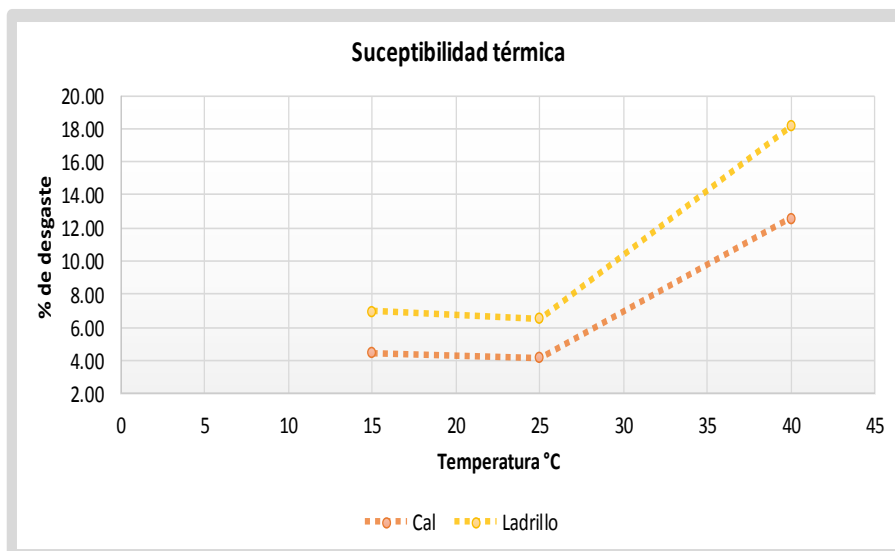
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

METODO "UNIVERSAL DE CARACTERIZACIÓN DE LIGANTES" (UCL)

DESCRIPCIÓN: "Evaluación del Efecto de la Cal Hidratada y el polvo de Ladrillo Utilizado con Relleno Mineral en las Propiedades de una
MATERIAL: Mezcla de agregados, cal y polvo de ladrillo
CANTERA: Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA: Fiorella Lizeth Valera Nuñez

3. Suceptibilidad térmica

N° de briqueta	Tipo de filler	N° de Revoluciones	Temperatura °C	Peso Inicial (Pi) gr	Peso Final (Pf) gr	Peso perdido (Pe) gr	Desgaste (%)	Promedio (%)
5	Cal	300	15	1217.38	1160.10	57.28	4.71	4.45
6	Cal	300	15	1203.79	1153.25	50.54	4.20	
5	Ladrillo	300	15	1143.57	1058.30	85.27	7.46	6.98
6	Ladrillo	300	15	1198.50	1120.52	77.98	6.51	
7	Cal	300	25	1209.05	1151.98	57.07	4.72	4.16
8	Cal	300	25	1205.51	1162.11	43.40	3.60	
7	Ladrillo	300	25	1187.25	1101.26	85.99	7.24	6.51
8	Ladrillo	300	25	1203.22	1133.71	69.51	5.78	
9	Cal	300	40	1201.92	1070.34	131.58	10.95	12.61
10	Cal	300	40	1203.05	1031.27	171.78	14.28	
9	Ladrillo	300	40	1206.75	1064.41	142.34	11.80	18.15
10	Ladrillo	300	40	1202.40	907.87	294.53	24.50	



Fuente: Propia, 2017

V. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1. Datos Generales

a. Nombre del proponente, titular o representante legal

Razón social de la empresa: USAT

Nombre completo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Número de registro único de contribuyente: 20395492129

Domicilio: Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855, Chiclayo

b. Entidad autorizada para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

Razón social: Fiorella Lizeth Valera Nuñez

Ruc: 10729266898

Domicilio: Ramón Espinoza #245 Urb. Magisterial

Teléfono: 966659668

Correo electrónico: fiorellavalera18@gmail.com

5.2. Resumen

La provincia de Chiclayo, ubicada a 578 k.m de la frontera con el Ecuador del departamento de Lambayeque, ha delineado el presente Estudio de Impacto Ambiental, que contiene la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), el mismo que favorece al cumplimiento de la Normativa ambiental vigente en nuestro país, la que indica que toda obra, proyecto o actividad debe entrar en proceso de licenciamiento ambiental a fin de garantizar, la prevención y disminución de los impactos ambientales y sociales negativos, logrando de esta manera una correcta gestión integral de los desechos generados en este caso por el sector construcción (Elementos solidos como desmonte)

La EIA de este proyecto, favorece a garantizar la sostenibilidad ambiental por la reutilización de los Residuos de Construcción y Demolición en la fabricación de mezclas asfálticas, a través de la disminución de estos RCD, la obtención de un producto con la misma calidad que la tradicional y también una adecuada gestión ambiental. Se ha realizado la identificación de los aspectos e impactos ambientales, para proceder a aplicar métodos y procedimientos de carácter técnico que tienen por objetivo el análisis, apreciación y verificación de la actual situación ambiental, impacto y riesgo en la ciudad de Chiclayo que están ocasionando estos RCD, así mismo verificar el cumplimiento de las leyes y regulaciones ambientales.

5.3. Generalidades

5.3.1. Objetivos

5.3.1.1. Objetivo General

Elaborar el Evaluación de Impacto Ambiental sobre los efectos de los Residuos de Construcción y Demolición en la ciudad de Chiclayo, para el proyecto de investigación de “Evaluación del efecto de la cal hidratada y el polvo de ladrillo utilizado como relleno mineral en las propiedades de una mezcla asfáltica”

5.3.1.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis de los medios: Físicos, bióticos y de calidad ambiental actuales de Chiclayo.
- Describir, evaluar y jerarquizar los impactos ambientales significativos que originan los Residuos de Construcción y Demolición en la ciudad de Chiclayo.
- Analizar los beneficios y la disminución de problemas ambientales al reutilizar los RCD (ladrillos)

5.3.2. Alcances

La finalidad del presente proyecto de investigación es buscar una forma reutilizar los Residuos de Construcción y Demolición, siendo en este caso específico el ladrillo, que son arrojados de manera informal en diferentes zonas de la ciudad de Chiclayo y salidas generando así contaminación del suelo y del aire. Estos residuos podrían ser reutilizados en diferentes áreas del sector construcción como material de relleno, entre otros.

5.3.3. Antecedentes

La generación de Residuos de Construcción y demolición que se producen en la ciudad de Chiclayo y son arrojados de manera informal en diferentes puntos, en los últimos 10 años ha tenido un aumento del 23% y en los próximos 10 años se espera un aumento del 7.5% lo cual significaría una generación de 170,000 Tn/año.

Cifra que irá en aumento si no se logra reutilizar estos residuos y siguen siendo arrojados en lugares poco apropiados, es por ello que este proyecto busca hacer uso del polvo de ladrillo reciclado para la fabricación de mezclas asfálticas. Pudiendo ser esta aplicación el punto de partida para lograr frenar y disminuir la contaminación generada por los RCD en nuestra localidad, mejorando la calidad de vida de los pobladores.

5.3.4. Marco Legal y Administrativo

Normas generales.

1. Ley N° 23852: Ley orgánica de Municipalidades (08/06/1984)
2. Decreto legislativo 1078
3. Ley N° 26839: Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica (17/06/1998)
4. Ley N° 26842 Ley general de salud
5. Ley N° 27314: Ley general de Residuos Sólidos (21/07/00)
6. Ministerio del ambiente
7. Decreto Legislativo N° 1013
8. Organismo de Evaluación y fiscalización ambiental (OEFA)
9. Ley N° 27446: Ley del sistema Nacional de Evaluación del impacto ambiental (23/04/11)

5.4. Línea Base Ambiental

Los componentes de la línea base sirven para describir y caracterizar el área en que tiene intervención los Residuos de Construcción y Demolición. La zona donde se ejecuta el proyecto ha sido intervenida, así la línea base tiene carácter general y permite establecer las condiciones actuales de manera que se permita lograr la comprensión de los

ecosistemas existentes y sus posibles afectaciones por estos RCD. En otras palabras, este punto diagnosticara la situación actual de conservación, intervención e importancia en que se encuentran los medios físicos, bióticos y de calidad ambiental, basados en primera instancia en la información obtenida en campo y los datos relaciones al desarrollo de las zonas afectadas en los últimos años.

5.4.1. Aspectos generales

5.4.1.1. Ubicación geográfica

Chiclayo, situado a 27 m.s.n.m al Norte de Lima y a 578 k.m de la frontera con el Ecuador. Cuenta con una extensión territorial de 252.39 k.m². Limita al Norte, con los distritos de Picsi, José Leonardo Ortiz y Lambayeque; al Sur, con Zaña; y al Oeste, con Pimentel. Ubicado en la región natural Chala. Su capital es la ciudad de Chiclayo, localizada a 27 m.s.n.m. (Anexo 3.1)

El área de influencia directa en la que se desarrollará la investigación será toda la superficie de la ciudad de Chiclayo porque se busca reducir la cantidad de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición que están en la ciudad y sus alrededores. Por otro lado, el área de influencia indirecta serán los distritos aledaños porque también producen RCD y son arrojados en los mismos sitios que los de Chiclayo.

5.4.2 Aspecto físico

5.4.2.1. Climatología

Correspondiente a un clima típico de la región costera, Chiclayo tiene un clima subtropical, de temperatura agradable, seca y sin lluvias; esto se debe a los fuertes vientos denominados "ciclones" que bajan la temperatura ambiental a un clima moderado durante casi todo el año, salvo en los meses veraniegos donde la temperatura se eleva. Periódicamente, cada 7, 10, 15, años se presentan temperaturas elevadas que pueden pasar los 35° debido al Fenómeno del Niño, con lluvias regulares y aumento extremado del agua de los ríos.

Según la clasificación climática hecha por SENAMHI por el método de Werren Thornthwaite Chiclayo está en la zona de: Precipitación efectiva árido, con deficiencia de lluvias en todas las estaciones, con una eficiencia de temperatura semicálido y una humedad atmosférica muy húmeda.

5.4.2.2. Geología

La información geológica del área de influencia, se ha extraído de los estudios basados en las investigaciones de la Dirección de Geológica Regional del INGEMMET y que corresponden a los levantamientos geológicos a escala 1:100,000 de la hoja de Chancay. La estratigrafía se describe según el siguiente cuadro:

Tabla N° 67. Geología en Chiclayo

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	Qp - e
Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno	

Fuente: INGEMMET. Carta Geológica Chancay 24.i

5.4.2.3. Suelo, capacidad de uso mayor y zonificación

Chiclayo, se caracteriza por presentar suelos de origen netamente aluvial; ubicándose en el plano fisiográfico que corresponde a la llanura; su drenaje interno varía entre bueno y pobre; no observa erosión alguna. Algunas de sus condiciones son; pendiente de 0% a 4.0% con un microrelieve plano y sin pedregosidad, su nivel freático lo podemos encontrar de 0.30 a 1.45 mts, y tiene una capacidad portante de 0.85 kg/cm².

El suelo es de textura Arcilla o franco arcilloso, de color gris oscuro a marrón gris oscuro

5.4.3. Ambiente Biológico

5.4.3.1. Flora

En el área de desarrollo del proyecto la flora escasa debido a los Residuos de Construcción y Demolición que se encuentran en la zona como se puede apreciar en las fotos del Anexo 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5. La única vegetación existente son las herbáceas (pequeños pastizales)

5.4.3.2. Fauna

En el área de estudio no existe ningún tipo de fauna silvestre, solo se pueden encontrar algunas especies como reptiles, roedores, insectos y aves correspondientes a la zona. Tampoco existen áreas de sensibilidad biótica ya que están zonas son inhabitadas

5.4.4. Calidad Ambiental

5.4.4.1. Calidad del aire

Chiclayo estaría ubicada entre las 30 ciudades más contaminadas del Perú, debido a que las actividades industriales y comerciales, generan una gran cantidad de emisiones de dióxido de carbono, plomo y dióxido de azufre. Así lo revela un estudio realizado por la Dirección de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente.

Los altos niveles de contaminación registrados en Chiclayo son originados por su caótico crecimiento urbano, además, se realizan obras civiles sin previo estudio de impacto ambiental.

Tabla N° 68. Cobertura de recolección de residuos Sólidos

Distritos	Cobertura (%)	Generación Total de RSM T/día
Chiclayo	85.82	194.51 ⁽¹⁾

Fuente: Planeamiento Urbano Metropolitano, 2015

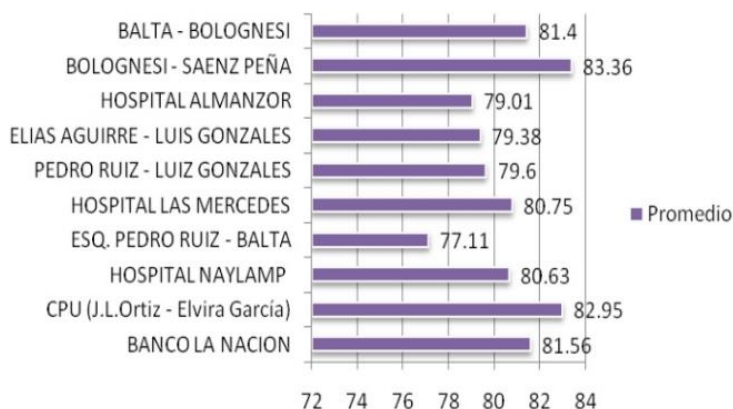
5.4.4.2. Calidad del suelo

El suelo es un recurso no renovable a corto y mediano plazo, siendo muy vulnerable. Es por ello que las emisiones contaminantes, en este caso los Residuos de Construcción y demolición, desestabilizan su orden natural y han traído como consecuencia en la zona de desarrollo del proyecto la disminución de la capacidad de regeneración de vegetación.

5.4.4.3. Calidad del ruido

La calidad de ruido en la Ciudad de Chiclayo se encuentra en la clasificación media-alta por el hecho de que los Dba promedios se encuentran por encima de los permisibles (85 DbA).

Tabla N° 69. Nivel de ruido promedio (Dba)



Fuente: Contaminación Acústica en la Ciudad de Chiclayo 2007

5.5. Identificación y evaluación de impactos ambientales

Se realizó el análisis de la línea base para identificar los medios que podrían ser afectados antes el desarrollo del proyecto. Que pueden verse afectados de manera positiva o negativa según sea el medio evaluado. Esta parte de la evaluación es necesaria para poder identificar los impactos y proceder a la elaboración del Plan de Manejo Ambiental, todo esto con la finalidad de evaluar las medidas necesarias para prevenir, mitigar y/o corregir los impactos negativos que generen la producción de mezclas asfálticas en caliente convencional y con polvo de ladrillo como reemplazo de filler, así mismo potenciar los impactos positivos para la conservación y protección del medio ambiente.

Para realizar la caracterización y evaluación de los impactos ambientales, se ha tomado la decisión de hacer uso de la Matriz de Leopold, donde se han colocado las actividades realizadas en el proyecto y los efectos que cada una de ellas tiene sobre diferentes aspectos ambientales, como el ruido, el aire, agua, entre otros.

Realizada la actividad anterior, se procede a realizar la sumatoria de los impactos puntuales, es decir, por cada factor y actividad particular, a fin de determinar el factor ambiental más afectado. Lo mismo se realiza para cada actividad o acción del proyecto que afectaría más significativamente al medio. Los impactos considerados como significativos, serán las que determinarán el diseño de las medidas que formarán parte del Plan de Manejo Ambiental.

Es importante anotar, que no todos los impactos, ya sea sus características o intensidad, serán significativos, por lo que el diseño e medidas de impacto ambiental para dichos impactos representarían una actividad poco eficiente, con su respectivo gasto e recursos y esfuerzos. Por otro lado, si dentro de la evaluación de impactos, la mayor parte de ellos, de acuerdo a la metodología empleada, se encontrarían en rangos de poca significancia, es necesario aún establecer aquellos sobre los cuales se deben enfocar con más énfasis las acciones de manejo ambiental necesarias. Los resultados de esta fase del análisis de presentan en la siguiente matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales (Leopold).

5.5.1. Descripción de los principales impactos por etapas del proyecto

Etapa de construcción

a. En el medio físico

- En la calidad del aire

En esta etapa se afectará al aire tanto de manera positiva y negativa. Positiva debido a que las partículas de polvo generadas por los residuos de construcción y demolición se reducirán en gran magnitud por el uso del ladrillo reciclado. Pero se afectará de manera negativa por las partículas sólidas generadas, en primera instancia por la obtención de los agregados y por los procesos de elaboración del asfalto y los ensayos al mismo.

- En la calidad del suelo

Al igual que en el ítem anterior se verá afectado de forma positiva y negativa. Positiva porque los RCD que son dejados en lugares no adecuados contaminado el suelo, serán reutilizados. Y de manera negativa por la eliminación de los residuos de la producción del asfalto.

b. En el medio biológico

Por la reutilización de los Residuos de Construcción y Demolición se mejorará la calidad del medio biológico debido a la recuperación de espacios que permitirán la aparición de vegetación y de algunas especies de insectos. Pero en la ejecución de la pavimentación se verán afectada la vegetación y algunas especies de insectos correspondientes a la zona.

c. En el medio socioeconómico

Se ve afectado de manera positiva por la generación directa de empleo, aunque es de carácter temporal, hasta terminado los trabajos del proyecto, debido a que demandará de mano de obra calificada y no calificada. Y la generación indirecta de ingresos económicos en la fase de puesta en obra, por el movimiento del personal de la obra, originando la aparición del comercio vecinal, pensiones, entre otras cosas.

5.6. Plan de Manejo Ambiental (PMA)

La ejecución de las obras de pavimentación con mezclas asfálticas en caliente utilizando el polvo de ladrillo como reemplazo de un filler convencional. Tal como se ha analizado en el punto anterior, orinara ciertos impactos ambientales que pueden ser tanto positivos como negativos en diferente grado de incidencia sobre los ámbitos de influencia que pueda tener el proyecto.

El plan de manejo ambiental constituye un componente de vital importancia en un EIA, porque establece las mejores opciones o estrategias para mitigar los efectos producidos en cada área y para un buen monitoreo ambiental.

El Plan de Manejo Ambiental debe tener la siguiente estructura:

- Programa de medidas preventivas, mitigadoras y correctivas
- Programa de monitoreo ambiental
- Programa de asuntos sociales

- Programa de educación ambiental
- Programa de capacitación ambiental y seguridad
- Programa de cierre de obra

5.6.1. Programa de medidas preventivas, mitigadoras y correctivas

En este plan se definen las precauciones o medidas a tomar en cuenta para evitar daños innecesarios, derivados por la falta de cuidado o de una deficiente planificación de las operaciones que se van a realizar en la primera etapa del proyecto.

5.6.1.1. Subprograma de manejo de los residuos sólidos

En el manejo de los Residuos de Construcción y Demolición, se establecerá un centro de acopio, escombrera, en una zona fuera del foco urbano para no afectar a los pobladores y los espacios públicos, donde serán clasificados los residuos reutilizables de los no reutilizables.

Luego los residuos que se pueden reutilizar, en este caso se seleccionara el ladrillo, serán llevados al establecimiento donde se obtendrá el polvo de ladrillo para ser utilizado como filler en la producción mezclas asfálticas.

Medidas:

- Contar con personal que tenga conocimientos en medio ambiente, para un correcto manejo del procesamiento de los Residuos de Construcción de y Demolición. Y brinde asesoría de ubicación adecuada de la escombrera.
- En lo que respecta a los residuos que se producen en el proceso de elaboración de mezclas asfálticas no deberán estar al aire libre por más de 24 horas, y deberán ser trasladados a los espacios establecidos como escombreras.
- Se deberán contar con materiales de limpieza en las zonas de trabajo y equipos de seguridad, para realizar el recojo inmediato de los RCD.

5.6.1.2. Subprograma de protección de los recursos naturales

Este subprograma busca reducir el porcentaje de contaminación que produce la explotación de canteras para la obtención de materia prima de una mezcla asfáltica. Y reducir la utilización de Cal Hidratada proveniente de procesos industriales, reemplazándolo por el polvo de ladrillo reciclado.

Medidas:

- Las zonas afectadas debido a la explotación de canteras, con pérdida de vegetación deberán ser repuestas.
- Reducción del uso de productos para la construcción industrializados.

5.6.1.3. Subprograma de salud local

Proteger la salud de los ciudadanos a través del cuidado del aire y el suelo, por ello los RCD contarán con una disposición adecuada, escombrera.

Medidas:

- La escombrera de RCD, no debe estar próximo a zonas urbanas.

- El personal que trabaje dentro en la planta de asfalto debe contar con uniforme que cumpla las normas de seguridad establecidas.

5.6.2. Programa de Monitoreo Ambiental

El monitoreo ambiental se llevará a cabo constantemente para controlar las emisiones de gases en el proceso de producción de asfaltos ya que estos se elaboran en caliente, también por la maquinaria que se encuentre en uso, además de las partículas sólidas producidas por el polvo de ladrillo.

Medida:

- Utilización de maquinaria en buen estado para minimizar el porcentaje de emisión de gases.
- Evitar que se arrojen los residuos producidos en la elaboración de mezclas asfálticas fuera de la escombrera.

5.6.3. Programa de Asuntos Sociales

5.6.3.1. Subprograma de Contratación de Mano de Obra Local

Tener como parte del equipo de trabajo a personal capacitado en protección del medio ambiente y medidas de mitigación y con experiencia laboral en lo antes mencionado.

5.6.3.2. Subprograma de Participación Ciudadana

La participación cuidada en un punto importante a lograr para que el plan de manejo ambiental se lleve a cabo con éxito, ya que depende mucho de su colaboración y buena disposición para cumplir con lo establecido.

5.6.4. Programa de Educación Ambiental

Este programa busca enfocarse en los trabajadores que están en la planta de producción de asfalto, los encargados de las obras de pavimentación y a los pobladores, dándoles a conocer la importancia de preservar su medio (aire, tierra y paisajes) y de esta manera no arrojar en lugares no adecuados los Residuos de Construcción y Demolición.

Medidas:

- Ciclos de conferencias sobre salud y medio ambiente para los trabajadores de la planta de asfalto y trabajadores.
- Concientizar a los pobladores sobre las consecuencias de la contaminación por los RCD y los efectos que produce en la salud.

5.6.5. Programa de cierre de obra

Este programa busca capacitar a las personas que generen RCD sobre la adecuada disposición final de los mismo.

Medidas:

- Tener un lugar con el espacio adecuado y las medidas necesarias para arrojar estos residuos.

5.7. Conclusiones

- Reducir los impactos negativos producidos por la producción de mezclas asfálticas y los residuos generados en este proceso, tanto en laboratorio como en una planta de asfalto para puesta en obra. A través de programas que abarcan temas como medidas de prevención, monitoreo ambiental, y otros.
- La reutilización de un material proveniente de los Residuos de Construcción y Demolición afecta de manera positiva nuestro medio, por la reducción a gran escala de este RCD, la generación de puestos de empleo y mejora de los espacios afectados.

VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1. Costos

- Costo de una mezcla asfáltica convencional:

El costo de la mezcla asfáltica elaborada con cal hidratada como filler se ha obtenido de la cotización entregada por la planta “ASFALPACA”, ver en anexo 2.3.

$$MAc = 440.68 \text{ soles/m}^3$$

- Costo de una mezcla asfáltica utilizando polvo de ladrillo como filler:

Tabla N° 70. Costo de obtención del ladrillo pulverizado

Partida:	LADRILLO PULVERIZADO					
Unidad:	kg		N° Horas:		8	
Rendimiento:	42.24	kg/día	Costo unitario total:		S/. 8.54	
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CUADRIL LA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
MANO DE OBRA						3.81
OPERARIO	H-H	1.00	0.2	20.10	3.81	
MATERIALES						4.55
LADRILLO	kg		1.00	4.55	4.55	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						0.19
DESGASTE DE HERRAMIENTAS	%MO		5%	3.81	0.19	

Fuente: Propia, 2016

El costo de la mezcla asfáltica en este caso será de:

$$MAI = 778.91 \text{ soles/m}^3$$

6.2. Ejemplo: Asfalto en caliente puesto en obra

Ejemplo comparativo entre una mezcla asfáltica en caliente con cal hidratada y polvo de ladrillo como relleno mineral. Se tomarán medidas y espesor de carpeta promedio a lo utilizado en la ciudad de Chiclayo en sus pavimentos urbanos.

Longitud de la calle: 500.00 mts

Ancho de la calle: 8.00 mts

Espesor de carpeta asfáltica: 0.05 metros (2 pulgadas)

Cálculo de la carpeta en m³: $C = 500.00 \text{ mts} \times 8.00 \text{ mts} \times 0.05 \text{ mts} = 200.00 \text{ m}^3$

- **Costo total de carpeta asfáltica con cal hidratada:**

$$CTc = MAc \times C$$

$$CTc = 440.68 \text{ soles / m}^3 \times 200 \text{ m}^3$$

$$CTc = 88,136.00 \text{ soles}$$

- **Costo total de carpeta asfáltica con polvo de ladrillo:**

- $CTI = MAI \times C$

- $CTI = 778.91 \text{ soles} / \text{m}^3 \times 200 \text{ m}^3$

- $CTI = 155,782.00 \text{ soles}$

MEZCLA SEGÚN EL TIPO DE FILLER	COSTO TOTAL DE LA MEZCLA ASFÁLTICA (soles)
Cal Hidratada	88,136.00 soles
Polvo de Ladrillo	155,782.00 soles

VII. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como propósito comparar una mezcla asfáltica convencional donde se utiliza como relleno mineral o filler, cal hidratada y otra mezcla asfáltica reemplazando el filler por polvo de ladrillo para ver si afectan sus propiedades.

Siendo este polvo de ladrillo procedente de material reciclado, es decir de los Residuos de Construcción y Demolición ubicados en la ciudad de Chiclayo, también se tuvo en cuenta que el ladrillo sea de fábrica debido a su temperatura de calcinación, siendo esta mayor al del artesanal logrando que las propiedades de la arcilla que afectan a la mezcla se pierdan.

En primera instancia se inició un proceso de recolección de los ladrillos de RCD viendo que no contaban con el tamaño adecuado para ser utilizado como filler (75 μm) se hizo uso de la Máquina de los Ángeles con toda la carga abrasiva (12 esferas) por un aproximado de 30 a 45 min para pulverizarlo y se tamizo por la malla #200 (75 μm) obteniendo de esta manera el relleno mineral para nuestra mezcla asfáltica.

De los resultados obtenidos de la primera etapa de la investigación se puede decir que los agregados y el cemento asfáltico extraídos de la Cantera tres tomas cumplen las especificaciones técnicas expuestas en el Manual de Carreteras EG – 2013 en el Capítulo IV de Pavimentos sección 423 de Pavimento de Concreto Asfáltico en Caliente y sección 415 de Disposiciones Generales. Haciendo uso de estos componentes para la obtención del óptimo contenido de asfalto en el diseño de mezcla convencional se obtuvo una estabilidad de 1350 Kg y flujo de 3.38 mm, siendo los parámetros de la EG – 2013, estabilidad mínima 815 Kg y flujo entre 2 – 4 mm. Y como resultado final un óptimo contenido de cemento asfáltico de 5.7% del peso de la mezcla.

En la segunda etapa de la investigación al comparar la estabilidad y el flujo de un diseño de mezcla donde se reemplazó gradualmente la cal hidratada por el polvo de ladrillo, se determinó que el polvo de ladrillo si puede reemplazar de forma parcial o en su totalidad a la cal hidratada como filler, ya que todos los datos finales obtenidos del ensayo Marshall se encuentran dentro de los rangos establecidos por el Manual de Carreteras EG -2013.

Tabla N° 71. Especificaciones de la EG -2013 para Mezclas asfálticas

Parámetro	Especificaciones de la Mezcla Asfáltica
N° de golpes por lado	75
Estabilidad (mín.)	815 Kg
Flujo (mm)	2 - 4
Porcentaje de Vacíos con aire (MTC E 505)	3 – 5
Vacíos del agregado mineral	14 mín.
Índice de rigidez	1700 – 4000 Kg
Contenido de cemento asfáltico	>

Fuente: Propia, 2016

Tabla N° 72. Resumen de los resultados obtenidos con diferente relación cal - ladrillo

Relación Cal – Ladrillo (%)	Peso Unitario	Vacíos (%)	Vacíos del agregado Mineral (%)	Vacíos Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto
100	2.30	3.60	15.40	79.00	3.38	1350.00	1.14
80 - 20	2.35	2.14	13.41	84.19	2.46	2024.89	1.14
60 - 40	2.28	4.57	15.86	71.65	2.12	1653.32	1.14
50 - 50	2.32	3.65	14.59	75.10	2.37	1771.34	1.14
40 - 60	2.29	4.33	15.71	72.55	2.03	1843.80	1.14
20 - 80	2.29	4.36	15.65	72.12	2.20	1614.04	1.14
100	2.29	4.26	15.56	72.68	2.03	1729.47	1.14

Fuente: Propia, 2016

De los resultados obtenidos en la tercera fase de ensayos (Ver tabla N° 73) se puede concluir que el utilizar diferentes tipos de ladrillos como filler no afecta de manera notable a la estabilidad y el flujo de la mezcla. Además, que todos se encuentran dentro de los rangos establecidos por el Manual de Carreteras EG-2013.

Tabla N° 73. Resumen de los resultados obtenidos de diferentes zonas de muestreo

Relación Cal - Ladrillo	Peso Unitario	Vacíos (%)	Vacíos del agregado Mineral (%)	Vacíos Llenados de C.A (%)	Flujo mm	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto
R2	2.29	3.09	15.60	80.25	1.86	1856.39	1.14
R3	2.34	3.92	13.75	71.52	2.03	1881.02	1.14
Sol del Norte	2.32	3.67	14.30	74.84	1.95	1940.81	1.14
Lambayeque	2.29	4.21	15.54	73.91	2.03	1919.46	1.14
R1	2.29	3.80	15.56	75.63	2.03	1729.47	1.14

Fuente: Propia, 2016

De los resultados obtenidos en la cuarta fase de la investigación se puede determinar que cambiar la cal hidratada como filler por el polvo de ladrillo no afecta el óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla, ya que al realizar el diseño de mezcla se ha obtenido un 5.7% de cemento asfáltico al igual que el diseño base realizado con cal hidratada donde se obtuvo también un 5.7% de cemento asfáltico.

Se los resultados obtenidos en la quinta fase donde el objetivo era determinar si reemplazando la cal hidratada por polvo de ladrillo afectara la durabilidad de la mezcla asfáltica podemos decir que el desprendimiento de material en las briquetas elaboradas con polvo de ladrillo es mayor en comparación a las briquetas elaboradas con Cal Hidratada. Además, los resultados obtenidos tras sumergir las briquetas por 24 horas el desprendimiento del material es casi del 50% del peso total.

VIII. CONCLUSIONES

- Los agregados utilizados para el diseño de la mezcla asfáltica y los ensayos correspondientes, procedentes de Tres Tomas – Ferreñafe, cumple con la calidad especificada para mezclas asfálticas expuesto en el Manual de Carreteras y Especificaciones Técnicas EG – 2013. Por otro lado, por los resultados obtenidos en la gradación de los agregados se optó por tomar la especificación MAC – 2. Se ha utilizado cemento asfáltico procedente de la refinería de la provincia de Talara, departamento de Piura distribuidor Petroperú, cumpliendo con la normativa propuesta por AASHTO y ASTM.
- Después de realizar la comparación de una mezcla asfáltica convencional, donde se utilizó la cal hidratada como filler, y una mezcla asfáltica reemplazando el filler por el polvo de ladrillo se determinó a través del ensayo Marshall, que el flujo de la mezcla disminuye y la estabilidad aumenta. Obteniendo una mezcla más rígida, pero con mayor resistencia a la deformación.
- El óptimo contenido de cemento asfáltico en una mezcla convencional, no se vio afectado al reemplazar la cal hidratada por el polvo de ladrillo como material relleno, manteniéndose en 5.7% para ambos tipos de material.
- Tras la obtención del polvo de ladrillo procedente de diferentes zonas de la ciudad de Chiclayo donde se concentran los RCD y de diferentes industrias que fabrican ladrillos. Se ha determinado de los resultados obtenidos del ensayo Marshall, de “Residuos 1” ubicado en salida Pimentel, es el más óptimo.
- Se aplicó el método UCL para determinar las propiedades de adherencia y durabilidad de la mezcla asfáltica, siendo expuesta a diferentes condiciones, como cambios de temperatura y la exposición al agua. Obteniendo un resultado desfavorable en la mezcla asfáltica elaborada con polvo de ladrillo. Ya que el ladrillo no aporta buena adherencia.
- Entonces del proyecto de tesis presentado y respondiendo a la hipótesis planteada se concluye que, el polvo de ladrillo al ser utilizado como relleno mineral en una mezcla asfáltica si afecta sus propiedades. Dando resultados positivos en la estabilidad, aumentando la resistencia a la deformación; otro aspecto positivo sobre la utilización del polvo de ladrillo, es que proviene de los Residuos de Construcción y Demolición que actualmente no cuentan con una disposición adecuada y son arrojados en diferentes puntos de nuestra ciudad afectado el suelo, aire y vistas panorámicas de las zonas donde se encuentran, siendo esto una manera de cuidar el medio ambiente y de ampliar horizontes sobre la reutilización de estos residuos en el sector construcción. Por otro lado, el polvo de ladrillo resulta perjudicial en comparación con la cal hidratada para la adherencia y durabilidad de la mezcla asfáltica, además de incrementar el costo en un 77% del convencional.

IX. RECOMENDACIONES

- Lo expuesto en el Manual de Carreteras y Especificaciones Técnicas EG – 2013, es la guía para el diseño de mezclas asfálticas en calientes, ensayos de los agregados, relleno mineral y cemento asfáltico.
- Es recomendable evitar el enfriamiento de la mezcla asfáltica en la etapa de moldeo, para no obtener resultados alterados.
- Para la elaboración de una mezcla asfáltica se deben contar con los equipos de protección adecuados, debido a que se trabaja a altas temperaturas.
- Es importante incentivar a los estudiantes de Ingeniería Civil el investigar nuevas tecnologías y el nuevo uso de materiales que puedan reemplazar total o parcialmente a los convencionales.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bianchetto, Hugo; Miró, Rodrigo; Pérez-Jiménez, Félix; Martínez, Adriana. 2007. Transportation Research Record n° 1998: Effect of Calcareous Fillers on Bituminous Mix Aging. (abril): 140–148
- Elías Castells, Xavier. 2015. La Cocción Cerámica. Curso de Especialización de la Fundación Universitaria Iberoamericana, en Lima, Perú.
- F. Ahmed, H. Bahia, 2009. Modelo fenomenológico conceptual para la interacción de aglutinantes de asfalto con rellenos minerales. The National Academies of sciences engineering medicine (marzo)
- Kraemer, Carlos. 2009. Ingeniería de Carreteras. España: S.A MacGraw Hill/Interamericana de España.
- Instituto del Asfalto. 1992. Serie de Manuales N° 22: Principios de Construcción de Mezcla Asfáltica en Caliente. EE. UU: Instituto del Asfalto.
- Matta, Elizabeth Victoria Adela Paredes. 2009. Comportamiento Mecánico de las mezclas tipo SMA. Tesis para optar el título profesional, Escuela de Ingeniería Civil.
- MTC. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013. Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para la Construcciones. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MVCS. Ministerio de Vivienda construcción y saneamiento. 2014. Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- MPCH. Municipalidad Provincial de Chiclayo. 2013. Perú: Plan de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición depositados en espacios públicos y de obras menores.
- Reyes, Carlos Alberto. 2011. Estudio del comportamiento del mástico asfáltico con diferentes tipos de filler de la región de Morelia, cal y cemento, mediante el método UCL. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería.
- Reyes, Fredy Alberto; Daza, Carlos Enrique; Rondón, Hugo Alexander. 2012. Revista EIA. Determinación de las fracciones SARA de asfaltos colombianos envejecidos al medio ambiente empleando cromatografía líquida en columna, Julio.
- Rodríguez, Fernando Wulf. 2008. Análisis de pavimentos asfálticos modificados con polímero. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería.
- Rubio Gámez, Ma Carmen; Moreno-Navarro, Fernando; Piqueras Sala, J.L.; Rodríguez Montero, J.; Martín, J. 2013. Materials & Design: Feasibility analysis of the reuse of waste filler of bituminous mixtures for the production of self-compacting concrete. (Julio): 372-380
- Salgado Barra, Breno; Momm, Leto. 2009. Infraestructura Vial. Evaluación de características físicas y químicas de los rellenos minerales de piedra caliza y polvo de piedra en la formulación de los morteros asfálticos.
- UICN. Oficina Regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe. 2011. Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción, 2011. Costa Rica: Oficina Regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe.
- Universidad Mayor de San Simón. 2004. Texto Guía de Pavimentos. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.

ANEXOS

Anexo 1: Cuadros

Cuadro 1.1: material de construcción empleado en las paredes – departamento de Lambayeque

Provincia	Ladrillo/ Bloque cemento	Adobe o tapia	Madera	Quincha	Estera	Otros
Chiclayo	90,928	70,619	445	1,097	949	778
Ferreñafe	3,733	16,701	38	767	339	111
Lambayeque	13,92	34,285	369	5,100	853	237
Total	108,583	121,605	852	6,964	2,141	1,126

Fuente: INEI – Censo realizado en el año 2007

Cuadro 1.2: Generación de RSC por departamentos para el año 2007

Nº	DEPARTAMENTO	POBLACIÓN 2007	PRODUCCION DE RSC (TON/AÑO)
1	Amazonas	421,064	52,757
2	Ancash	1 123,070	339,826
3	Apurímac	452,595	76,426
4	Arequipa	1 232,625	427,042
5	Ayacucho	669,184	93,281
6	Cajamarca	1 468,401	182,809
7	Cusco	1 265,790	209,909
8	Huancavelica	483,034	101,376
9	Huánuco	789,694	62,314
10	Ica	719,161	53,233
11	Junín	1 241,400	147,564
12	La Libertad	1 663,699	178,912
13	Lambayeque	1 179,385	222,102
14	Lima	9 324,567	2 098,562
15	Loreto	955,303	220,461
16	Madre de Dios	95,742	11,996
17	Moquegua	172,127	40,367
18	Pasco	288,233	99,147

19	Piura	1 762,021	127,664
20	Puno	1 345,750	316,812
21	San Martín	723,895	367,377
22	Tacna	296,588	137,040
23	Tumbes	207,143	33,880
24	Ucayali	434,836	62,203
	TOTAL		5 663,062

Fuente: Diagnostico Residuos Sólidos de la Construcción y Demoliciones en el Perú. Marzo 2008. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.








Cuadro 1.3: Clasificación de RSC por tipo para el año 2007

Material	Porcentaje (%)
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	54
Hormigón	12
Piedra	5
Arena, grava y otros áridos	4
Madera	4
Vidrio	0.5
Plásticos	1.5
Metales	2.5
Asfalto	5
Yeso	0.2
Papel	0.3
Basura	7
Otros	4

Fuente: Diagnostico Residuos Sólidos de la Construcción y Demoliciones en el Perú. Marzo 2008. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Anexo 2: Tablas

Tabla 2.1: Identificación, cuantificación y clasificación de los residuos de la construcción y demolición (RCD)

 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO GERENCIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO ECONÓMICO COMITÉ TÉCNICO DE TRABAJO IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)					
CLASE	CODIGO DE REGISTRO RCD	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA	
RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)	Residuos minerales	CIX - 0001	Av. Nicolás de Piéro/Ca. Tarapacá Urb. Campodónico	<p>Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y vidrio en un 60% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 20% y de talleres mecánicos en un 20%</p> <p>Volumen: $5.00 \times 2.50 \times 0.40 = 5.00$ m³</p>	
	Otros peligrosos	CIX-0002	Av. Nicolás de Piéro/Av. Jorge Chávez Urb. Campodónico	<p>Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra en un 30% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 40% y de talleres mecánicos en un 30%</p> <p>Volumen: $7.00 \times 2.50 \times 0.40 = 7.00$ m³</p>	
	Madera tratada	CIX-0003	Av. Jorge Chávez/Ca. Amazonas Urb. Campodónico costado I.E Elvira García y García	<p>Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra en un 65% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 25% y de talleres mecánicos en un 10%</p> <p>Volumen: $9.00 \times 2.70 \times 0.40 = 9.72$ m³</p>	
	Otros peligrosos	CIX-0004	Av. Jorge Chávez/Av. Agricultura Carretera a Ferreñafe	<p>Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y vidrio en un 50% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 25% y de talleres mecánicos en un 25%</p> <p>Volumen: $8.00 \times 2.30 \times 0.30 = 5.52$ m³</p>	
		CIX-0005	Av. Agricultura/Av. Independencia Carretera a Ferreñafe	<p>Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra en un 40% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 35% y de talleres mecánicos en un 15% y de corral 10%</p> <p>Volumen: $4.50 \times 3.50 \times 0.30 = 4.725$ m³</p>	
	Residuos minerales	CIX-0006	Av. Agricultura/Av. Humboldt Carretera a Ferreñafe	<p>Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra en un 40% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 35% y de talleres mecánicos en un 15% y de corral 10%</p> <p>Volumen: $8.00 \times 3.00 \times 0.30 = 7.20$ m³</p>	

Fuente: Municipalidad Provincial de Chiclayo, 2013



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO
GERENCIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO ECONÓMICO
COMITÉ TÉCNICO DE TRABAJO

IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

CLASE	CODIGO DE REGISTRO RCD	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA
RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)	Otros peligrosos	CIX-0007	Av. Agricultura/frente a Ca. Poemas Humanos Carretera a Ferreñafe Costado de Casa Blanco Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 60% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 20% y de talleres mecánicos en un 5% y de corral 15% Volumen: 80.00x2.50x0.35m=70.00 m3	
	Madera tratada	CIX-0008	Av. Agricultura frente a Av. Chiclayo Carretera a Ferreñafe Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 45% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 25% y de talleres mecánicos en un 10% y de corral 20% Volumen: 12.00x4.00x0.30m=14.40 m3	
	Otros peligrosos	CIX-0009	Av. Agricultura la curva frente P.J San Borja Carretera a Ferreñafe Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos en un y de corral 10% Volumen: 100.00x7.00x1.10m=770.00 m3	
		CIX-0010	Av. Agricultura pasando la curva Carretera a Ferreñafe Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos en un y de corral 10% Volumen: 250.00x4.50x0.80m=900.00 m3	
	Residuos minerales	CIX-0011	Av. P Cieza de León/Av. 09 de Octubre - Urb. Las Brisas Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 50% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 35% , de talleres mecánicos en un 7% y de corral 8% Volumen: 10.00x1.50x0.30=4.50 m3	
	Otros peligrosos	CIX-0012	Av. P Cieza de León/Ca. El Mensajero - Urb. Santa Alejandrina Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos en un y de corral 10% Volumen: 50.00x25.00x0.60=1,000.00 m3	

Fuente: Municipalidad Provincial de Chiclayo, 2013



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO
GERENCIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO ECONÓMICO
COMITÉ TÉCNICO DE TRABAJO

IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)







CLASE	CODIGO DE REGISTRO RCD	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA	
RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)	Madera tratada	CIX-0013	Ca. El Vaticano/entre Av. Cieza de León y Alva Diaz - Urb. Santa Alejandrina	Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos en un y de corral 10%	
			Volumen: 40.00x26.00x1.20=1,200.00 m3		
	Otros peligrosos	CIX-0014	Ca. El Vaticano/Ca. Virgen de la Paz - Urb. Santa Alejandrina	Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos en un y de corral 10%	
				Volumen: 10.00x12.00x0.60=72.00 m3	
		CIX-0015	Ca. Polonia/Ca. El Prado Urb. Alejandrina	Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos en un y de corral 10%	
				Volumen: 25.00x10.00x0.60=150.00 m3	
Residuos minerales	CIX-0016	Acequia Puien/Ca. Los Naranjos P.J. San Sebastian	Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 30% aprox, de acequia 40%. Mezcla con residuos domiciliarios 35% y de corral 30%		
			Volumen: 10.00x1.50x0.30=4.50 m3		
otros no peligrosos	CIX-0017	Av. Manuel A. Mesones Muro/Av. N.N P.J Jorge Chavez	Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 80% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 15% , de talleres mecánicos y de corral 10%		
			Volumen: 9.00x4.00x0.30=10.80 m3		
Madera tratada	CIX-0018	Av. N.N/Costado Iglesia P.J Fanny Abanto Calle	Mezcla de: Concreto, ladrillo, yeso, tierra y adobe en un 80% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios 15% , de talleres mecánicos y de corral 10%		
			Volumen: 11.00x2.50x0.30=8.25 m3		

Fuente: Municipalidad Provincial de Chiclayo, 2013



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO
GERENCIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO ECONÓMICO
COMITÉ TÉCNICO DE TRABAJO

IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

CLASE	CODIGO DE REGISTRO RCD	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA	
RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)	Otros peligrosos	CIX-0019 Av. N.N/Costado Dren P.J Fanny Abanto Calle	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos y de corral 10%		
			Volumen: 100.00x4.50x0.75=337.60 m3		
	CIX-0020	Carretera a Pomalca/ pasando Urb. California lado sur	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos y de corral 10%		
			Volumen: 35.00x5.00x0.30m=52.50 m3		
	Residuos minerales	CIX-0021	Via de Evitamiento/Cruc e a Caleta San José P.J. Cruz de la Ezperanza	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos y de corral 10%	
				Volumen: 40.00x6.00x0.80=192.00 m3	
otros no peligrosos	CIX-0022	Carretera a Caleta San José/pasando aprox. 100 ml	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos y de corral 10%		
			Volumen: 80.00x5.00x0.80=320.00 m3		
Madera tratada	CIX-0023	Via de Evitamiento/Costado ENSA Ex fundo Cerropón	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios y de corral 10%		
			Volumen: 40.00x8.00x0.60=192.00 m3		
Otros peligrosos	CIX-0024	Via de Evitamiento/lado posterior Gob. Regional Ex fundo Cerropón	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos y de corral 10%		
			Volumen: 150.00x8.00x0.80=1,024.00 m3		

Fuente: Municipalidad Provincial de Chiclayo, 2013



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHICLAYO
GERENCIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO ECONÓMICO
COMITÉ TÉCNICO DE TRABAJO

IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

CLASE	CODIGO DE REGISTRO RCD	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA	
RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)	Residuos minerales	Via de Evitamiento/costado de SENSICO Carretera a Pimentel	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios y de corral 10%		
			Volumen: 80.00x11.00x0.40=352.00 m3		
	Residuos minerales	Av. Belaunde/Av. Progreso Urb. Remigio Silva	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios y de corral 10%		
			Volumen: 30.00x7.00x0.70=147.00 m3		
	otros no peligrosos	CIX-0027	Av. Chiclayo (dren)/Urb. La Parada Carretera Lambayeque	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos y de corral 10%	
				Volumen: 35.00x12.00x0.80=336.00 m3	
	Madera tratada	CIX-0028	Carretera a Lambayeque/Frente a Molino "El Pirata"	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios y de corral 10%	
Volumen: 150.00x9.00x1.50=2,025.00 m3					
Otros peligrosos	CIX-0029	Carretera a Lambayeque/entre Grifo Mori y Molino Chiclayo	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos y de corral 10%		
			Volumen: 150.00x10.00x1.50=2,250.00 m3		
Residuos minerales	CIX-0030	Carretera a Lambayeque/ Frente a Exrecreo Turistico "Mochicas"	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos y de corral 10%		
			Volumen: 150.00x5.00x1.30=1,170.00 m3		
Residuos minerales	CIX-0031	Carretera a Lambayeque/ Costado dren/ lado oeste de Suite "Bunker" frente Molinera "Angie"	Mezcla de: Concreto, ladrillo, ceramica, tierra y adobe en un 90% aprox. Mezcla con residuos domiciliarios, de talleres mecánicos y de corral 10%		
			Volumen: 45.00x12.00x1.00=540.00 m3		

Fuente: Municipalidad Provincial de Chiclayo, 2013

2.2. Informe del Ensayo de las propiedades de una mezcla asfáltica distribuido a la planta de ASFALPACA por PETROPERU

PETRÓLEOS DEL PERÚ PETROPERÚ S.A.
LABORATORIO DE REFINERÍA TALARA



Peruanos trabajando por el desarrollo del País

INFORME DE ENSAYO

PRODUCTO : PETROPERU ASFALTO SOLIDO 60/70 PEN

RFTL-LAB-1985-2017

CARRO TANQUE ACM-716 / M3# - 993		FECHA RECEPCION MUESTRA: 16/04/2017			
TANQUE DE DESPACHO 80		FECHA DE REPORTE: 20/04/2017			
CLIENTE : SERVICIOS INVERSIONES VALLEJOS CUATRO SOCIEDAD		DIRECCION DEL CLIENTE: CHICLAYO			
Código de la Muestra : 200092324-17		OTRA INFORMACION DE LA MUESTRA: Despacho coordinado por Unidad Plantas Norte y la unidad de SSII-Especialidades			
Cantidad de muestra : 750 ml					
Tipo de Envase : Vidrio					
ENSAYO	Unidad	METODO ASTM u OTRO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES MINIMO MAXIMO	
PENETRACIÓN					
A 25°C, 100 g, 5s	0.1mm	D5-06e1	62	60	70
VOLATILIDAD					
Punto de Inflamación Cleveland, copa abierta	°C	D92-05a	300	232	--
Gravedad especifica a 15.6/15.6°C		D70-03	1.0115	REPORTAR	
DUCTILIDAD					
A 25°C, 5 cm/min	cm	D113-99	> 150	100	--
SOLUBILIDAD					
En tricloroetileno	%masa	D2042-01	99.7	99.0	--
Prueba de calentamiento sobre película 3.2 mm, 163°C, 5 horas:		D1754-02			
Perdida por calentamiento	%masa	D1754-02	0.29	--	0.8
Penetración retenida, del original	%	D5-06e1	66.7	52+	--
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min	cm	D-113-99	70	50	--
Indice de susceptibilidad termica	%	Norma francesa	-0.48	-1.0	+1.0
FLUIDEZ					
Viscosidad cinematica a 100°C	cSt	D2170-01a(2006)	3200	REPORTAR	
Viscosidad cinematica a 135°C	cSt	D2170-01a(2006)	350	200	--
ADHERENCIA					
Revestimiento-desprendimiento, mezcla porjado-bitumen,	%	D3625-96(2005)	+95	REPORTAR	
Prueba desprendimiento del agua		D 3625-96(2005)	Pasa	REPORTAR	
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°C	D96-06	50.0	REPORTAR	
PRUEBA DE LA MANCHA (OLIENSIS) 10% XILENO		AASHTO T-102-83(04)	NEGATIVO	REPORTAR	
OBSERVACIONES :					
1. Los resultados corresponden a la muestra analizada.					
2. Gravedad API @ 15.6 °C 8.4					
3. Código de muestra de chequeo: 200092792-17					
PREPARADO POR:			APROBADO POR:		
NOMBRE:			NOMBRE:		
FUNCION:			FUNCION:		
FIRMA:			FIRMA:		

RTLAB-FT-36, Versión: 02

FIN DE INFORME

Pág 1/1

2.3. Cotización de venta de mezclas asfáltica producido por la planta de ASFALPACA y costo de los agregados que produce.



CORPORACION ASFALTOS Y PAVIMENTOS CASTILLO SAC

ASFALPACA

R.U.C: 20314028164



COTIZACIÓN N°82-2017

Chiclayo, 29 de Mayo del 2017

Señor(es):

FIORELA VARELA NUÑEZ

CEL: 966659668

En atención a su solicitud, les hacemos llegar la siguiente cotización:

Ubicación: CHICLAYO

Item	Descripción	Unid	Valor venta
I	VENTA DE MEZCLA	M3	440.68
II	PIEDRA DE ¾"	M3	50.85
III	PIEDRA DE ½"	M3	50.85
IV	AFIRMADO > 40%	M3	39.00
V	AFIRMADO > 80%	M3	46.00
VI	AFIRMADO > 40% BATIDO	M3	40.00
VII	AFIRMADO > 80% BATIDO	M3	47.00
VIII	OVER	M3	39.00

PRECIOS NO INCLUYEN IGV

Nuestros precios están sujetos a variaciones en caso Petroperú modifiquen su tarifario.

Forma de pago: ADELANTADO

Validez Cotización: 15 días

Disponibilidad: Inmediata (Equipos Propios)

- Los trabajadores cuentan con seguro **SCTR** y nuestras máquinas con seguro **TREC** y Responsabilidad Civil.
- Se considera el mismo costo en áreas de 1500m²
- Los Lavados de Mezcla Asfáltica se les entregará con fecha de despacho por cada 70 m³.
- Se iniciaran las labores una vez recibida la orden de trabajo. Previa visita al terreno por parte de nuestro ingeniero, para revisar los niveles de base, se encuentren 100% conforme.
- Una vez concluida los trabajos se nos entregará una **RECEPCION DE OBRA Y ACTA DE CONFORMIDAD** por la obra ejecutada.
- **Los acuerdos con el Sindicato de Construcción Civil serán asumidos por el contratante.**
- **La seguridad y control de tránsito correrá por cuenta del contratante.**

Contamos con nuestros productos certificados:

- ✓ Registro OSINERGMIN N° 108889-112-250514 de fecha 25/05/2014 como Consumidor Directo de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos. (Siendo la única empresa que cuenta con esta autorización a nivel Norte).
- ✓ **Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente del mes de Marzo del 2017**, elaborado por la empresa Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C.
- ✓ **Calibración de Planta Asfáltica en Caliente - 2017.**
- ✓ Certificado emitido por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - MTC mediante **Oficio N°024-2012-MTC/14.01**; de los ensayos de laboratorio de la muestra de los agregados perteneciente a la Cantera Tres Tomas-Ferreñafe-Lambayeque para nuestro diseño de mezcla.
- ✓ Certificado emitido por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - MTC mediante **Oficio N°229-2012-MTC/14.01**; de los ensayos de laboratorio realizados al PEN 60/70 de Refinería Talara-Petroperú y Aditivo Mejorador de Adherencia AR-RED RADICOTE para nuestro diseño de mezcla.
- ✓ Certificado de la calidad del **Asfalto Sólido PEN 60/70 y MC-30** emitida por Refinería Talara-Petroperú (donde se verifica la fecha de compra de Asfaltos realizada por nuestra empresa).

Quedamos a la espera de su grata respuesta.

Oficina Principal : Mz 19 Lote 05 P.J. Chosica del Norte – La Victoria (Ref. Frente al Utiyacu) – CHICLAYO LAMBAYEQUE
Oficina Operativa: Cantera tres tomas S/N – Manuel A. Mesones Muro – FERREÑAFE – LAMBAYEQUE
Teléfonos : 074 – 214793 CEL: 979906253 - 934869078

Anexo 03: Fotografías

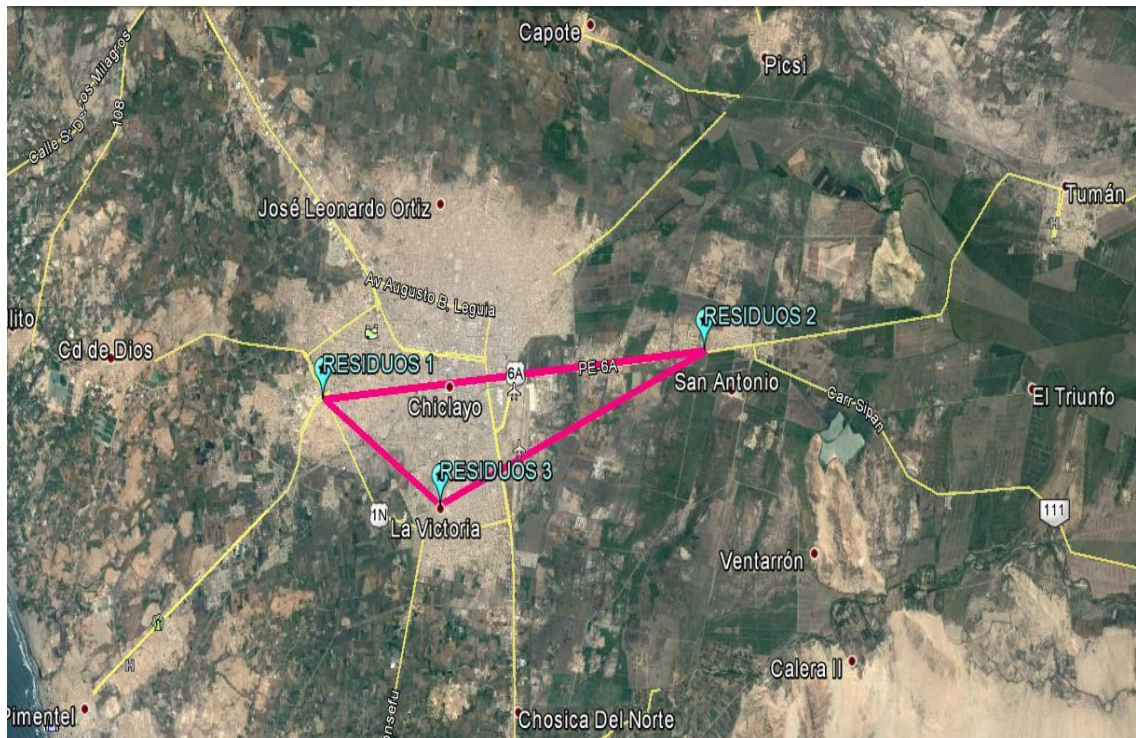
Panel fotográfico de la realidad actual

Foto 3.1: Principales focos de ubicación de residuos de albañilería en la Ciudad de Chiclayo



Fuente: Google Maps 2014

Foto 3.2. Puntos de ubicación de los residuos utilizados como filler en la mezcla asfáltica.



Fuente: Google Earth, 2016

Foto 3.2: Carretera Chiclayo - Pimentel



Fuente: Street View – Google Maps 2015

Foto 3.3: Carretera Chiclayo – Lambayeque



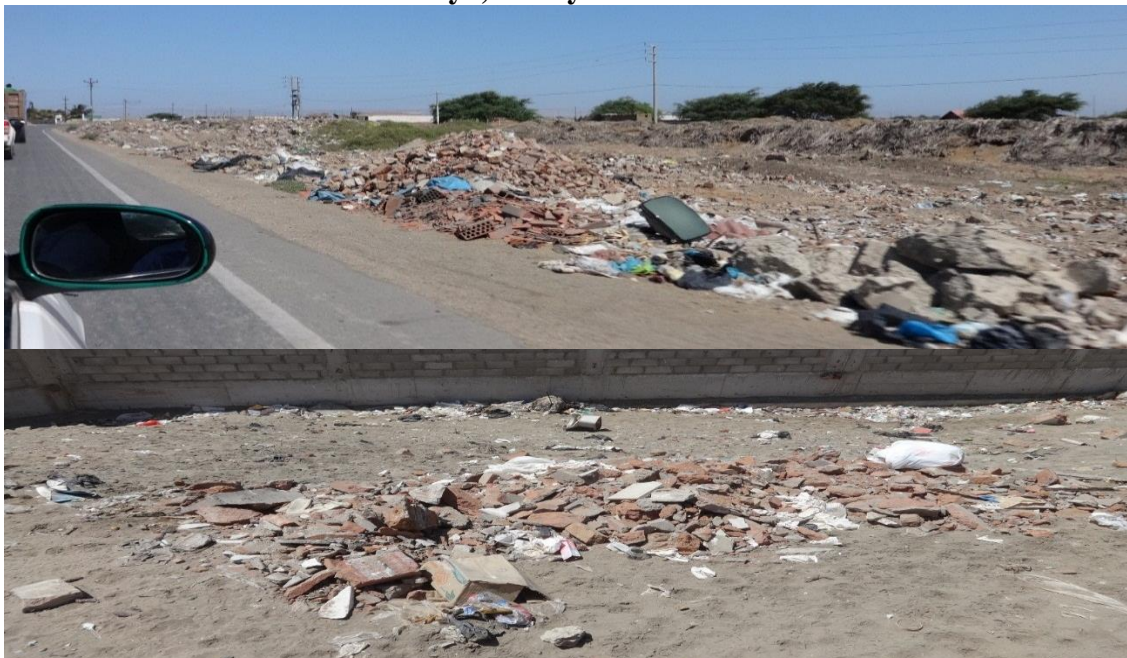
Fuente: Street View – Google Maps 2015

Foto 3.4: Carretera Chiclayo – Monsefú



Fuente: Street View – Google Maps 2015

Foto 3.5: Carretera Chiclayo – San José. Botaderos de basura y desmonte de Chiclayo, JLO y la Victoria



Fuente: Propia, 2016

Forma de molienda del ladrillo a polvo por medio de la máquina de los ángeles del laboratorio A & M GEOTECNICA Y MECANICA DE SUEÑOS S.A.C

Foto 3.6: Máquina de los ángeles



Fuente: Propia, 2016

Foto 3.7: Esferas de acero de la máquina de Los Ángeles



Fuente: Propia, 2016

FOTO 3.8: Material después del proceso de molienda en la máquina de Los Ángeles



Fuente: Propia, 2016

Pruebas de laboratorio para demostrar que el polvo de ladrillo no es un material plástico

Foto 3.9: Tamizado de la muestra por el Tamiz #200





Fuente: Propia, 2016

Foto 3.10: Muestra saturada 24 horas y Copa de Casa Grande



Fuente: propia, 2016

Foto 4.11: Colocación de muestra en la copa de Casa Grande





Fuente: propia, 2016

3.12: Muestra en Copa de Casa Grande y varillas para Limite Líquido.



Fuente: Propia, 2016