



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE LA ZEOLITA NATURAL EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA SEMICALIENTE, CHIMBOTE 2018.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autoras:

Br. Katia Stefanie Atoche Cabel.

Br. Kelly Lisbeth Olano Méndez.

Asesor:

Ing. German Sagástegui Vásquez.

Trujillo - Perú

2019

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Katia Stefanie Atoche Cabel** y **Kelly Lisbeth Olano Méndez**, denominada

INFLUENCIA DE LA ZEOLITA NATURAL EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA SEMICALIENTE, CHIMBOTE 2018.

Ing. German Sagástegui Vásquez

ASESOR

Ing. Paul Henríquez Ulloa

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Wiston Azañedo Medina

JURADO

Ing. Josualdo Villar Quiroz

JURADO

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, por ser mi guía y protección en cada paso que doy.

A mis padres Claribel y Víctor, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor y comprensión.

A mis familiares, mi hermana Milagros por ser el ejemplo de una hermana mayor y de la cual aprendí a luchar por mis sueños y por estar en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis abuelitos, Jesús y Armando, gracias a ellos por su tiempo y apoyo incondicional que me brindaron inculcándome los valores desde pequeña, a mi abuelito Armando que siempre me guía desde el cielo por el camino del bien y estar presente en cada paso que doy.

A Ederson Vásquez le agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

Kelly Lisbeth Olano Méndez

A Dios, por brindarme la oportunidad de vivir, disfrutar de la vida y lograr cumplir mis metas propuestas.

A mis padres Flor Victoria Cabel Arroyo y Jaime Lucio Atoche Díaz, por su amor incondicional, sus consejos, paciencia y sobre todo por el arduo esfuerzo para que logre culminar mi carrera.

A mis hermanos Kelly Devora Atoche Cabel, Thomas Francis Atoche Cabel y Cristian Erik Atoche Cabel, quienes me apoyaron e incentivaron a culminar de manera eficiente esta tesis.

A mi hijo Ethan Daniel Atoche, por dar brindarme cada día su amor, el cual fue mi motivo para seguir adelante sin ningún obstáculo. Por ser la persona más importante en mi vida.

Katia Stefanie Atoche Cabel

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro divino creador por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le damos gracias a nuestros padres por apoyarnos en todo momento, por los valores que nos inculcaron y por darnos la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de nuestras vidas, sobre todo por ser ejemplos a seguir.

Al Ing. German Sagástegui Vásquez, por sus conocimientos brindados, por la orientación, la dedicación y paciencia que tuvo con nosotras para poder lograr satisfactoriamente esta tesis y principalmente por el compromiso durante todo el desarrollo de la tesis.

A la Universidad Privada del Norte, por habernos aceptado como parte de ella y habernos abierto sus puertas de su seno científico y así poder estudiar la carrera que elegimos; asimismo, a los diferentes docentes que nos brindaron sus conocimientos y apoyo durante las clases impartidas.

Autores

Tabla de contenidos

AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad Problemática	13
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Objetivos	17
1.4. Hipótesis	18
1.5. Antecedentes	20
1.6. Bases teóricas	27
1.6.1. Materiales Pétreos	27
1.6.2. Materiales Asfálticos	32
1.6.3. Pavimento Asfáltico	33
1.6.4. Mezclas Asfálticas	34
1.7. Zeolita natural	63
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	68
2.1. Tipo de investigación	68
2.2. Operacionalización de variables	68
2.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	69
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	73
2.5. Procedimiento	76
CAPÍTULO III. RESULTADOS	155
3.1. Selección de la Cantera	155
3.2. Características de los agregados pétreos	155
3.3. Características del Cemento Asfáltico	164
3.4. Requisitos de la mezcla de áridos	165
3.5. Diseño de Marshall	166
3.6. Elaboración de mezcla asfáltica a Temperatura 100°C Sin zeolita Natural mediante proceso seco	170
3.7. Elaboración de mezcla asfáltica a Temperatura 100°C con zeolita Natural mediante proceso seco	170
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	172
4.1. Discusión	172
4.2. Conclusiones	197
4.3. Recomendaciones	199
REFERENCIAS	201
ANEXOS	203

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Hipótesis general</i>	19
Tabla 2: <i>Hipótesis específica</i>	19
Tabla 3: <i>Parámetros Marshall en las mezclas</i>	21
Tabla 4: <i>Porcentajes de zeolita como arena y filler, el contenido de asfalto</i>	22
Tabla 5: <i>Dosificación de Agregados pétreos con zeolita Natural</i>	25
Tabla 6: <i>Resultados Marshall 100°C con 2% de Zeolita Natural</i>	26
Tabla 7: <i>Tipo de Cemento Asfáltico</i>	33
Tabla 8: <i>Clasificación de las Tecnologías WMA Temperaturas de producción</i>	39
Tabla 9: <i>Clasificación de tecnologías WMA empleando asfalto espumado</i>	60
Tabla 10: <i>Consumo de combustible vs temperatura</i>	60
Tabla 11: <i>Composición química de la zeolita</i>	64
Tabla 13: <i>Cantidad y descripción de muestras</i>	72
Tabla 14: <i>Estimación puntual</i>	75
Tabla 15: <i>Requerimientos para los agregados gruesos</i>	78
Tabla 16: <i>Requerimientos para los agregados finos</i>	79
Tabla 17: <i>Tamices de ensayo</i>	81
Tabla 18: <i>Pesos del agregado grueso para Ensayo de Durabilidad</i>	82
Tabla 19: <i>Tamices a usar en el ensayo de Durabilidad</i>	84
Tabla 20: <i>Número de esferas de acuerdo con la Gradación</i>	86
Tabla 21: <i>Gradación de las muestras de ensayo</i>	87
Tabla 22: <i>Peso de muestra para ensayo Índice de Durabilidad</i>	90
Tabla 23: <i>Peso mínimo del material para ensayo de partículas chatas y alargadas</i>	95
Tabla 24: <i>Dimensiones de los calibradores grosor, longitud y peso mínimo</i>	95
Tabla 25: <i>Cantidad mínima de muestra para ensayo Sales solubles</i>	98
Tabla 26: <i>Cantidad mínima de muestra para ensayo Caras fracturadas</i>	101
Tabla 27: <i>Peso mínimo de la muestra de ensayo Absorción</i>	105
Tabla 28: <i>Valores mínimos requerido para la angularidad (A°)</i>	113
Tabla 29: <i>Tamices para ensayo de durabilidad al Mg</i>	115
Tabla 30: <i>Peso necesario del agregado grueso para Ensayo de Durabilidad</i>	116
Tabla 31: <i>Selección del tipo de cemento asfáltico</i>	122
Tabla 32 : <i>Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración</i>	122
Tabla 33: <i>Aceptabilidad de los resultados para el ensayo</i>	125
Tabla 34: <i>Especificación de la Nafta</i>	132
Tabla 35: <i>Especificación del Heptano</i>	132
Tabla 36: <i>Tipo de combinaciones para los agregados</i>	136
Tabla 37: <i>Requisitos para mezcla de concreto bituminoso</i>	149
Tabla 38: <i>Porcentaje de absorción</i>	156
Tabla 39: <i>Durabilidad</i>	156
Tabla 40: <i>Ensayo de Abrasión</i>	156
Tabla 41: <i>Índice de durabilidad</i>	157
Tabla 42: <i>Partículas chatas</i>	157
Tabla 43: <i>Partículas alargadas</i>	157
Tabla 44: <i>Caras fracturadas</i>	158
Tabla 45: <i>Caras fracturadas</i>	158
Tabla 46: <i>Sales solubles</i>	158
Tabla 47: <i>Porcentaje de absorción</i>	159
Tabla 48: <i>Sales solubles totales</i>	160
Tabla 49: <i>Equivalente de arena</i>	160
Tabla 50: <i>Angularidad del agregado fino</i>	161
Tabla 51: <i>Límite líquido y plástico</i>	161
Tabla 52: <i>Índice de plasticidad</i>	162
Tabla 53: <i>Índice de durabilidad</i>	163
Tabla 54: <i>Requisitos de la mezcla de áridos</i>	166
Tabla 55: <i>Diseño de Marshall</i>	167
Tabla 56: <i>Parámetros de diseño</i>	169
Tabla 57: <i>Mezcla asfáltica a 100°C con 2% de cal</i>	170

Tabla 58: Mezcla asfáltica a 100°C con 1.5% de cal + 0.5% de zeolita natural.....	170
Tabla 59: Mezcla asfáltica a 100°C con 1.0% de cal + 1.0% de zeolita natural.....	171
Tabla 60: Mezcla asfáltica a 100°C con 0.5% de cal + 1.5% de zeolita natural.....	171
Tabla 61: Porcentaje de agregados.....	175
Tabla 62: Diseño Marshall.....	176
Tabla 63: Parámetros Marshall.....	177
Tabla 64: Análisis de costos para 1km de carpeta asfáltica convencional.....	183
Tabla 65: Análisis de costos para 1km de carpeta asfáltica semicaliente con 0.5% de zeolita.....	183
Tabla 66: Análisis de t Student para Estabilidad.....	184
Tabla 67: Datos y cálculos con T- Student (elaboración propia).....	185
Tabla 68: Análisis de T- Student para Estabilidad.....	186
Tabla 69: Datos y cálculos T- Student.....	186
Tabla 70: Análisis de T- Student para el Flujo.....	187
Tabla 71: Datos T- Student.....	188
Tabla 72: Análisis de T- Student para el Flujo.....	189
Tabla 73: Datos T- Student.....	189
Tabla 74: Análisis de T- Student para el %V.M.A.....	191
Tabla 75: Datos y cálculos T- Student.....	191
Tabla 76: Análisis de T- Student para el % V.M.A.....	192
Tabla 77: Datos y cálculos T- Student.....	193
Tabla 78: Análisis de T- Student para el porcentaje de vacíos con aire.....	194
Tabla 79: Datos y cálculos T- Student.....	194
Tabla 80: Análisis de T- Student para el porcentaje de vacíos con aire.....	195
Tabla 81: Datos y cálculos T- student.....	196

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Densidad de las mezclas con respecto al porcentaje de zeolita	23
Figura 2: Forma, textura y angularidad de las partículas de agregado.	31
Figura 3: Transferencia de carga en un pavimento.	33
Figura 4: Cemento asfáltico a temperatura ambiente	34
Figura 5: Clasificación de mezclas asfálticas por rango de temperaturas.	39
Figura 6: Esquema de una muestra HMA compactada.	46
Figura 7: Fallos en la construcción de pavimentos asfáltico.	53
Figura 8: Exudación en pavimentos asfálticos.	53
Figura 9: Segregación en pavimentos asfálticos.	54
Figura 10: Desenvuelta en los pavimentos asfálticos.	55
Figura 11: Agrietamiento y fisuras en los pavimentos asfálticos.	57
Figura 12: Deformaciones plásticas en los pavimentos asfálticos.	58
Figura 13: Regresión Logarítmica de combustible vs temperatura.	61
Figura 14: Diferencia de humos entre mezcla convencional y otra semicaliente	62
Figura 15: Zeolita tipo Clinoptilolita	63
Figura 16: porcentajes adicionados a las muestras convencionales	71
Figura 17: porcentajes adicionados a las muestras optimas	71
Figura 18: porcentajes adicionando zeolita natural	71
Figura 19: Gráfico de barras	74
Figura 20: Gráfico para T-Student.	74
Figura 21: Circuito de procedimiento de la investigación	76
Figura 22: Ubicación de la cantera en Chimbote km 411.	77
Figura 23: Ensayo de Análisis Granulométrico	80
Figura 24: Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio MTC E 209.	85
Figura 25: Características de la Máquina de los Ángeles	85
Figura 26: Características de la Máquina de los Ángeles.	86
Figura 27: Ensayo de Abrasión en la Máquina de los Ángeles	88
Figura 28: Vaso Mecánico de lavado.	89
Figura 29: Agitador de tamices Tyler portátil modificado.	90
Figura 30: Calibrador de espesores	94
Figura 31: Calibrador de longitudes.	94
Figura 32: Esquema de una Partícula Fracturada con una Cara de fractura.	100
Figura 33: Partículas no fracturadas	102
Figura 34: Partículas fracturadas bordes redondeados, superficie rugosa.	102
Figura 35: Ensayo de Partículas Fracturadas	103
Figura 36: Ensayo de Absorción del agregado grueso	106
Figura 37: Aparato de Ensayo de equivalente de arena	107
Figura 38: Vaciado de material y de la solución	109
Figura 39: Usando método de agitación manual	110
Figura 40: Lectura de arena	111
Figura 41: Aparato para medir la angularidad del agregado fino	112
Figura 42: Ensayo de Índice de Plasticidad	115
Figura 43: Ensayo de Absorción del Agregado Fino	121
Figura 44: Aguja para prueba de penetración	123
Figura 45: Equipo para ensayo de Punto de Inflamación copa TAG	126
Figura 46: Molde y placa para ductilómetro	128
Figura 47: Aparato filtrante para la solubilidad en tricoloro	130
Figura 48: Moldes para ensayo Marshall	137
Figura 49: Martillo de compactación	138
Figura 50: Martillo de compactación	139
Figura 51: Máquina de carga a compresión	140
Figura 52: Peso de los agregados	141
Figura 53: Vaciado de material asfáltico	142
Figura 54: Mezcla de los agregados con el cemento asfáltico	142
Figura 55: Vaciado de material al molde.	143

Figura 56: Chuseada con espátula a la mezcla -----	143
Figura 57: Cambio de base opuesta del molde para la compactación -----	144
Figura 58: Compactando la mezcla para elaboración del espécimen. -----	144
Figura 59: Retirado de muestra con gata hidráulica -----	145
Figura 60: Carta de viscosidad -----	146
Figura 61: Muestras colocadas en agua a 60°C -----	147
Figura 62: Ensayo de estabilidad y flujo en el Laboratorio de la UPN -----	148
Figura 63: Ensayo de estabilidad y flujo en el Laboratorio de Chiclayo -----	148
Figura 64: Probetas con porcentajes de zeolitas -----	151
Figura 65: Peso específico BULK -----	152
Figura 66: Ensayo de Estabilidad y flujo en la Máquina de Marshall -----	153
Figura 67: Ensayo para hallar el vacíos de aire en mezcla compactada -----	154
Figura 68: Curva granulométrica del agregado grueso -----	155
Figura 69: Análisis granulométrico -----	159
Figura 70: Porcentaje de humedad -----	162
Figura 71: Porcentaje de humedad -----	163
Figura 72: Análisis granulométrico -----	164
Figura 73: Curva granulométrica -----	166
Figura 74: Peso unitario -----	167
Figura 75: Porcentaje vacíos con aire -----	168
Figura 76: Porcentaje de vacíos del agregado mineral -----	168
Figura 77: Flujo -----	168
Figura 78: Estabilidad -----	169
Figura 79: Estabilidad -----	177
Figura 80: Flujo -----	179
Figura 81: Porcentaje de vacíos con aire. -----	180
Figura 82: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral -----	181
Figura 83: Estabilidad – Flujo. -----	182
Figura 84: Estadística de prueba de Estabilidad -----	185
Figura 85: Estadística de prueba de la Estabilidad -----	187
Figura 86: Estadística de prueba del Flujo -----	188
Figura 87: Estadística de prueba del Flujo -----	190
Figura 88: Estadística de % VMA -----	192
Figura 89: Estadística de % V.M.A -----	193
Figura 90: Estadística de % Vacíos con aire -----	195
Figura 91: Estadística de % Vacíos con aire. -----	196

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Gravedad específica bulk	44
Ecuación 2: Gravedad específica aparente	45
Ecuación 3: Gravedad específica efectiva.	45
Ecuación 5: Porcentaje de pérdida de desgaste.	50
Ecuación 6: Cohesión relativa	50
Ecuación 7: Índice de durabilidad	93
Ecuación 8: Índice de aplanamiento de la fracción.	96
Ecuación 9: Índice de alargamiento de la fracción	97
Ecuación 10: Índice de aplanamiento	97
Ecuación 11: % de sales solubles	99
Ecuación 12: Porcentaje de partículas fracturadas	103
Ecuación 13: Absorción	106
Ecuación 14: Arena equivalente	111
Ecuación 15: Angularidad del agregado fino	112
Ecuación 16: Límite plástico	114
Ecuación 17: índice de plasticidad	114
Ecuación 18: índice de durabilidad	119
Ecuación 19: Absorción	121
Ecuación 20: Solubilidad	131

RESUMEN

La presente investigación se realizó en Trujillo, en la Universidad Privada del Norte, se determinó la influencia de la zeolita natural en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica semicaliente, para la realización de la tesis se utilizó un diseño experimental puro, el muestreo fue no probabilístico por expertos, la recolección de datos se realizó con la técnica de la observación, el instrumento utilizado fue la guía de observación, para analizar los datos se empleó la inferencia estadística, el problema es que mientras en otros países ya se emplean nuevas tecnologías en el ámbito de la pavimentación, en el Perú existe poca implementación de estas, las cuales pueden ser favorables en cuanto a las características físicas de durabilidad, resistencia al envejecimiento y a las características mecánicas de estabilidad y flujo para hacer frente a exigencias climáticas y al tráfico. El análisis obtenido mostró un comportamiento mecánico con respecto a la estabilidad de 1379 kg en las convencionales mientras que en las mezclas asfálticas semicalientes con 0.5% de zeolita fue parcialmente inferior mostrando 1175 kg, ambos resultados están dentro de los parámetros de diseño (mín. 815 kg), asimismo el flujo para las mezclas asfálticas convencionales es de 3.63 mm y en las mezclas semicalientes con adición de 0.5% de zeolita es parcialmente inferior 3.47 mm, dichos resultados se encuentran dentro de los parámetros de diseño (3-5 mm), finalmente la estabilidad-flujo para las mezclas convencionales es de 3799 kg/cm, mientras para las semicalientes con adición de 0.5% de zeolita es de 3387 kg/cm, ambos resultados se encuentran dentro de los rangos de las especificaciones (1700-4000) kg/cm).

Palabras clave: zeolita natural, resistencia, durabilidad, flujo, estabilidad, semicaliente, mezclas asfálticas.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in Trujillo, in the Universidad Privada del Norte, the influence of natural zeolite on the mechanical properties of a semi-hot asphalt mixture was determined, for the realization of the thesis a pure experimental design was used, the sampling was not probabilistic by experts, the data collection was done with the technique of observation, the instrument used was the observation guide, to analyze the data the statistical inference was used, the problem is that while in other countries already new technologies are used in the field of paving, in Peru there is little implementation of these, which may be favorable in terms of the physical characteristics of durability, resistance to aging and the mechanical characteristics of stability and flow to cope with climatic demands and traffic. The analysis obtained showed a mechanical behavior with respect to the stability of 1379 kg in the conventional ones, while in the asphalt mixtures with 0.5% zeolite it was partially inferior showing 1175 kg, both results are within the design parameters (min. kg), also the flow for conventional asphalt mixtures is 3.63 mm and in the semi-warm mixtures with the addition of 0.5% of zeolite is partially lower 3.47 mm, these results are within the design parameters (3-5 mm), finally the stability-flow for the conventional mixtures is of 3799 kg / cm, while for the secaleientes with addition of 0.5% of zeolite it is of 3387 kg / cm, both results are within the ranges of the specifications (1700-4000) kg / cm).

Keywords: natural zeolite, strength, durability, flow, stability, semi-hot, asphalt mixtures.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

(Banco Mundial, 2012). El transporte es un motor fundamental del desarrollo económico y social de un país ya que genera oportunidades para los pobres y mejora la competitividad de la economía. La infraestructura de transporte conecta a las personas con los lugares de trabajo, los centros educativos y los servicios de salud. Además, permite la distribución de bienes y servicios a través del mundo, y facilita la interacción entre los seres humanos y la generación de soluciones que propician el crecimiento a largo plazo. Este sector es crucial para reducir la pobreza, impulsar la prosperidad y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), y constituye un tema central de los desafíos más importantes del desarrollo, por ejemplo: El cambio climático; el transporte representa alrededor del 64 % del consumo mundial de petróleo, el 27 % del consumo total de energía y el 23 % de las emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía. Dado el aumento en las tasas de motorización, se espera un incremento considerable del impacto ambiental del sector del transporte. La rápida urbanización y motorización: en las ciudades vivirán unos 5400 millones de habitantes en 2050, es decir dos terceras partes de la población mundial. La cantidad de vehículos en funcionamiento se duplicará y llegará a los 2000 millones en dicho año. La accesibilidad y asequibilidad: alrededor de 1000 millones de personas de países de ingreso bajo aún no tienen acceso a caminos transitables todo el año. En muchas ciudades, el tiempo que se pierde debido a la congestión vehicular afecta la prosperidad. Los altos costos del desplazamiento reducen el ingreso de los pobres, quienes a menudo no cuentan con transporte público confiable y asequible. La rápida urbanización en el mundo en desarrollo ofrece la oportunidad de establecer sistemas de transporte más seguros, limpios, eficientes y accesibles, que contribuyan a reducir

la congestión y la contaminación, facilitar el acceso a los empleos y disminuir el consumo de energía en el sector del transporte. En el Perú hoy en día la circulación de vehículos por carreteras, es el medio principal de transporte, tanto de personas como de bienes y servicios.

(Medel, Moreno, Rubio & Tejeda, 2013). En los últimos 10 años el parque automotor del Perú ha incrementado en un 73% (según la oficina de estadísticas del Ministerio de Transportes y Comunicación) y en 2 de las 3 principales ciudades (Lima, Arequipa y Trujillo) este se ha duplicado o crecido en más de un 50%. Solo el transporte pesado representa alrededor del 15% de éste por lo que en las últimas décadas, se ha desatado un aumento considerable de los volúmenes de tráfico, dando paso al incremento de las cargas que llegan al pavimento, es por ello que nace la importancia de buscar alternativas sostenibles para el diseño y construcción de estas estructuras, logrando que sean más duraderas, económicas y amables con el medio ambiente. Además en el Perú la necesidad de carreteras se ha incrementado, del sistema Nacional de Carreteras actual (165,692.40 Km) solo el 15.24% están Pavimentadas y según estadísticas del MTC en los últimos 10 años, anualmente alrededor de 2000 km son pavimentados, mientras que son habilitados alrededor de 9000 km (Se crean carreteras vecinales, departamentales y nacionales sin asfaltar). Existiendo un desfase entre estas bastante significativo. En el mundo se están realizando investigaciones sobre procedimientos y materiales sostenibles, esto implica la obtención de nuevos metodologías que puedan tratar aspectos ambientales como el calentamiento global y además mejorar la eficiencia de estos, lo que repercute directamente en los costos de producción, abaratándolos. El impacto provocado por la producción de mezclas asfálticas sobre la calidad del aire se debe fundamentalmente al empleo de altas temperaturas su fabricación en planta y posterior puesta en obra. Para concientizar a

los países en la reducción de las concentraciones de gases de efecto invernadero, producido por las emisiones de sustancias como el dióxido de carbono (CO₂); y atenuar el calentamiento global, se adoptó el Protocolo de Kyoto, en la tercera sesión de la Convención de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Este tratado tiene el propósito de reducir los niveles de emisión de CO₂ correspondientes al año 1990, en un 5,2% entre el 2008 y el 2012. La Unión Europea se planteó la reducción de estas emisiones en un 15% para el año 2010. Por su parte Alemania logró reducir los niveles del año 1990, en un 25% en el 2005.

(Barthel & Von Devivere, 2004). En España hacen uso zeolitas sintéticas, recogidas bajo nombre comercial AsphaMin®, como aditivo en las mezclas bituminosas, notando una mejora en la trabajabilidad de las mismas a temperaturas más bajas. Como se comprueba a partir de lo anterior, el desarrollo de las inicios de esta tecnología se produce principalmente en Europa y Australia, no siendo hasta Junio de 2005 cuando aparecen los primeros documentos en EE.UU de la mano del National Center for Asphalt Technology (NCAT), que publicó dos artículos acerca de investigaciones realizadas con dos productores pertenecientes a la gama de las VMA: Sasobit® y AsphaMin®.

(Gutiérrez, 2013). En México; las “Mezclas Asfálticas Tibias” (Warm Mix Asphalt), ya son un gran aporte tecnológico tienden a reducir la viscosidad del asfalto, asimismo pretenden reducir las temperaturas a las cuales son producidas, colocadas y compactadas con el objetivo de facilitar el mezclado de éste con los agregados, sin afectar las propiedades reológicas del asfalto obteniendo muchas ventajas respecto a las mezclas en caliente tradicionales. Una de las tecnologías que este país realiza es el de producir mezclas asfálticas tibias mediante la adición de zeolitas sintéticas al

asfalto, logrando así que el agua sea evaporada formándose una espuma uniforme en el asfalto reduciendo la viscosidad del mismo.

(Medel, Moreno, Rubio & Tejeda, 2013). En Cuba; mediante una investigación se analizó el empleo de zeolita natural como aditivo para la fabricación de mezclas semicalientes, en comparación con el empleo de zeolitas artificiales. Para ello, a través de pruebas de estabilidad Marshall, sensibilidad al agua y módulos de rigidez se realizó un estudio comparativo. El resultado obtenido mostró un comportamiento similar entre las mezclas con zeolita natural y la sintética, resultando en ambos casos ligeramente inferior al obtenido por la mezcla patrón. Además, se evaluó la influencia de la adición de zeolita natural a la mezcla en diferentes porcentajes, como filler o como arena, obteniendo mejores resultados con la incorporación en la fracción filler.

(Del Águila, 2011). En Colombia; en el año 2000 se llevó a cabo la rehabilitación de la pista de taxeo del aeropuerto el dorado, Se emplearon motoniveladoras para el mezclado del material granular existente, con las zeolitas y el cemento, el diseño del pavimento se basó en la aeronave McDouglas 83, de 160,000 libras de masa, y para 200,000 repeticiones, para un periodo de 5 años libre de mantenimiento, seis años después de uso intensivo (2006) la pista de taxeo mantenía un excelente estado, el autor concluye que los aditivos alcalinos del tipo zeolitas sintéticas, permiten optimizar el proceso de hidratación del cemento, lo que posibilita alcanzar estructuras de cristalización muy competentes, que se traduce en capas tratadas de alta resistencia y adecuada flexibilidad.

(Valeriano & Catacora, 2017). En Perú; En la ciudad de Juliaca se realizó un estudio del comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación, en donde se determinó que la adición de zeolita natural Clinoptilolita en 2% como filler en el diseño de Mezcla Asfáltica Tibia (MAT), es parcialmente

menor en sus propiedades mecánicas respecto al diseño de Mezcla Asfáltica Convencional (MAC) de 140°C y a su vez es superior al diseño de mezcla asfáltica convencional de 100°C; además se obtiene una reducción de la emisión del CO₂ que nos beneficia ambientalmente; y respecto al costo de producción de la mezcla asfáltica tibia nos permite un ahorro económico.

En la Revista Perú Vías el especialista de CESEL, explica que existen muchas formas para llevar a cabo los procesos para las mezclas asfálticas sustentables, de las cuales sobresalen el agregado de zeolitas, silicato de aluminio, sustancias químicas que retienen agua y hacen que la mezcla asfáltica baje su temperatura y por ende su viscosidad sea mayor.

En los países como Argentina, Chile y México ya se está utilizando este tipo de mezcla, sin embargo en nuestro país esto no se da en absoluto, por lo que es necesaria la toma de conciencia del sector construcción y el apoyo del ministerio de Transporte y Comunicaciones para implementar el uso de este tipo de mezcla y lograr disminuir el impacto ambiental que se genera cada año.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye la zeolita natural en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica semicaliente, Chimbote 2018?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la zeolita en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica semicaliente, Chimbote – Áncash.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los agregados según sus propiedades para una mezcla asfáltica semicaliente de acuerdo a la gradación tipo MAC – 2.

- Cumplir con los requerimientos según la norma EG-2013 para los ensayos del agregado grueso y fino.
- Determinar el porcentaje de asfalto óptimo para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente según el ensayo experimental Marshall según la norma MTC E504.
- Comparar los resultados obtenidos de estabilidad, fluencia, porcentaje de vacíos, porcentaje de vacíos en el agregado mineral de una mezcla asfáltica a 140°C con cemento asfáltico PEN 60/70 con respecto a una mezcla asfáltica semicaliente convencional a 100°C y con adición de zeolita 0.5% a 100°C con cemento asfáltico PEN 60/70.
- Realizar el análisis de costo unitario para una carpeta asfáltica convencional y otra con 0.5% de incorporación de zeolita natural.

1.4. Hipótesis

La utilización de zeolita natural en la mezcla asfáltica es factible y económico, influyen positivamente en las propiedades mecánicas, controla el agrietamiento, aumenta la calidad y en la resistencia se obtendrá un valor entre 1700-4000 kg/cm según el Manual de Carreteras EG-2013. De acuerdo al diseño de mezcla propuesto se elaboraron las briquetas de mezcla asfáltica utilizando cemento asfáltico PEN 60/70 y agregados en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos S.A.C. - Chiclayo, departamento de Lambayeque.

1.4.1. Hipótesis general

Tabla 1: *Hipótesis general*

HIPÓTESIS GENERAL	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La incorporación de zeolita natural en la mezcla asfáltica influye positivamente en las propiedades mecánicas.	1. Zeolita natural.	Mezcla asfáltica	Mejora	La ciudad de Chimbote	2018

Fuente: Elaboración propia

En la presente tabla se detalla la hipótesis general de la tesis, en la cual se afirma una influencia positiva de la zeolita con respecto a la mezcla.

1.4.2. Hipótesis específica

Tabla 2: *Hipótesis específica*

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 01	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La incorporación de zeolita natural en un 0.5%, 1% y 1.5% en la mezcla asfáltica influye positivamente en las propiedades mecánicas.	1. Propiedades mecánicas.	Mezcla asfáltica.	Mejora	La ciudad de Chimbote	2018

Elaboración propia

En la presente tabla se detalla la hipótesis específica de la tesis, la cual consta de la incorporación de zeolita en un porcentaje de 0.5%, 1% y 1.5% en la mezcla asfáltica obteniendo así mejoras.

1.5. Antecedentes

Según Tacha, Huertas & Arévalo, 2014. De la Universidad Católica de Colombia sede Bogotá, en la tesis titulada **“Diseño de una mezcla de asfalto en caliente msc-25 reciclada modificada con zeolita sintética”**, tuvieron como finalidad realizar el diseño de una mezcla de asfalto tibia (MSD – 25) RAP Modificada con un aditivo que denominamos (Zeolita Sintética), buscando beneficios para el medio ambiente como: reducir la temperatura de producción de la mezcla y la viscosidad del asfalto. Se realizó con las diversas caracterizaciones y ensayos de laboratorio mediante diseño de la mezcla con RAP=0% con los porcentajes 4.5%; 5%; 5.5%; 6.5%; fabricando espécimen para el tanteo sometidas al ensayo de Marshall, para así determinar las ventajas con el medio ambiente. Como resultado se obtuvieron que el contenido óptimo de asfalto fue 5,3% y la mezcla que tiene mejor comportamiento es la que contiene aditivo y un 50% de RAP, al adicionar la zeolita ésta concedió a la mezcla mayor rigidez porque disminuyo los vacíos que se presentan en las mezclas convencionales, asimismo presento mayor resistencia.

Como aporte para esta investigación la producción de las mezclas asfálticas modificadas (mezclas tibias con zeolita) es una técnica utilizada para el aprovechamiento efectivo de asfaltos en la pavimentación de vías, asimismo la adición de la zeolita sintética a los asfaltos convencionales mejora las características mecánicas, técnicas y de calidad y de darle aprovechamiento a nuevos materiales; con este aporte se contribuirá a buscar nuevos productos y tecnologías que sean amigables con el medio ambiente, como el reciclaje de materiales o el uso de mínimo de materia prima no renovable.

De acuerdo a Alonso, Tejeda, Moreno, Rubio & Medel, 2013. En la ciudad de España mediante la investigación **“Estudio de laboratorio sobre utilización de zeolita**

natural versus zeolita sintética en la fabricación de mezclas semicalientes”, se trazó como objetivo general evaluar la posibilidad de utilización de la zeolita natural en la fabricación de mezclas semicalientes. El ligante empleado en la fabricación de todas las mezclas fue un betún de penetración 50/70, adicionado en porcentaje del 4,3% sobre el peso de la mezcla. Como aditivos se emplearon una zeolita sintética (Asphamin®, Eurovía) y una zeolita natural de la cantera de Tasajera en la provincia Villa Clara en Cuba. Se evaluó la influencia del aumento del filler de zeolita, para lo cual se compararon tres porcentajes (0,3%; 0,6% y 1%). Se evaluó la estabilidad Marshall, deformación, densidad, porcentaje de huecos en mezcla y en áridos, tracción indirecta y sensibilidad al agua.

Tabla 3: Parámetros Marshall en las mezclas.

	Densidad/ Density (g/cm ³)	Estabilidad/ Stability (kN)	Deformación/ Deformation (mm)	Huecos mezclas/ Voids in mix (%)	Huecos áridos/ Voids in aggregates (%)
Patrón/ Voids in aggregates	2.503	15.22	2.82	3.7	14.6
Zeolita sintética/ Synthetic zeolite mix	2.481	11.70	2.63	4.6	15.4
Zeolita natural/ Natural zeolite mix	2.483	11.33	2.90	6.0	16.7

Fuente: Alonso, Tejeda, Moreno, Rubio & Medel E. 2013

Se detallan los resultados obtenidos mediante el ensayo de Marshall para las mezclas convencionales, con incorporación de zeolita sintética y con zeolita natural.

Se comprobó que el empleo de zeolita afecta el porcentaje de huecos. Este parámetro en la mezcla con la zeolita natural es superior al obtenido con la zeolita sintética. Se comprobó, en este caso, que con la utilización de zeolita en las mezclas la estabilidad disminuye con respecto a la mezcla patrón. La pérdida de resistencia puede estar relacionada con la reducción de la densidad dada en el mezclado y la compactación. La deformación de las mezclas con zeolitas respecto a la mezcla patrón no muestra

prácticamente variaciones. La mayor estabilidad corresponde a la mezcla patrón, sin embargo no es la que presenta mayor deformación, por lo que se puede deducir que las mezclas con zeolita son más deformables que la mezcla patrón, por lo cual sería aconsejable profundizar en los estudios sobre las variaciones en la deformación.

Para los materiales, mezclas y condiciones de ensayos de esta investigación, los mejores resultados en el ensayo Marshall y sensibilidad al agua (ITSR) fueron para la adición de 0,6% de filler de zeolita. La contribución de este estudio a nuestra investigación es el de controlar la cantidad de material incorporado ya que existe un punto óptimo para cada tiempo y temperatura de mezclado, el cual una vez superado, afecta negativamente al comportamiento de la mezcla, asimismo recomiendan añadir la zeolita natural como filler de aportación a la mezcla.

De acuerdo a Reynier, Anadelys & Mirna, 2016 en su Artículo “**Mezclas asfálticas de bajo impacto ambiental para la rehabilitación de las carreteras en Cuba**” En la presente investigación realizada en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba, el principal propósito fue evaluar mezclas asfálticas semicalientes producidas a temperaturas inferiores que las convencionales y las recicladas obtenidas al mezclar material virgen con el resultante del fresado durante las actividades de rehabilitación, para la mezcla semicaliente se añadió zeolita natural cubana en diferentes porcentajes, en forma de filler y de arena

Tabla 4: *Porcentajes de zeolita como arena y filler, el contenido de asfalto.*

Descripción	Porcentaje	Asfalto
Arena	2%,6%,10%,20%	4.5% y 5%
Filler	0.2%,0.4%,0.6%,0.8% y 1%	5%

Fuente: Reynier y Mirna, 2016.

En la presente tabla se explicitan los porcentajes de zeolita como arena - filler y el contenido de Asfalto, las temperaturas empleadas para espécimen convencionales fueron 150°C-160°C y para las semicalientes 130°C y 140°C.



Figura 1: Densidad de las mezclas con respecto al porcentaje de zeolita

Fuente: Reynier, Anadelys. & Mirna, 2016.

La figura 1 nos muestra que la mezcla patrón es diferente para ambos contenidos de asfalto, sin embargo, en la medida en que se aumenta el porcentaje de zeolita natural estas diferencias se reducen, siendo más notable para 1 % del mineral, por el exceso de humedad contenida. Para ambos contenidos de asfalto, los resultados para 0,8 % y 1,0 % de filler de zeolita son muy similares, por lo que para las condiciones de diseño de este experimento, el aditivo deja de incluir para porcentajes superiores a 0,6 %.



Figura 2: Estabilidad de mezclas con respecto al porcentaje de zeolita.

Fuente: Reynier, Anadelys & Mirna, 2016.

Los resultados para la estabilidad Marshall en la figura 2 nos muestra que el incremento de zeolita de 0,2 a 0,8 %, con 4,5 % de asfalto, hace que aumente la resistencia de las mezclas, incluso con valores superiores a la mezcla patrón, en cambio para 5 % de asfalto, la estabilidad de las mezclas con zeolita es menor que la de la mezcla patrón.

Los autores hacen mención que para las condiciones y materiales empleados en este experimento, se obtienen mejores resultados en las mezclas para un 0,6 % de adición de filler y 6 % de arena.

El aporte que nos brinda este artículo es el de evaluar el contenido óptimo del mineral para lograr un adecuado espumado del asfalto, ya que si se supera la adición de la zeolita la mezcla pierde temperatura con mayor rapidez por exceso de agua expulsada; afectando la preparación de las muestras y sus propiedades. Los autores recomiendan a las futuras investigaciones añadir como rangos: entre 0,4-0,6 % de filler y 4-6 % de zeolita natural cubana, asimismo plantean que el ensayo de sensibilidad al agua es una prueba imprescindible que se deben realizar para valorar el comportamiento en las mezclas semicalientes

Según Valeriano & Catacora, 2017. De la Universidad Nacional del Altiplano en el departamento de Juliaca, Perú, en su tesis “Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca”; tuvieron como objetivo principal analizar el comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia con adición de zeolita, además obtener beneficios ambientales y económicos frente a las mezclas asfálticas convencionales para la pavimentación de la ciudad de Juliaca. Se realizó mediante la metodología Marshall un estudio comparativo, en porcentajes de Zeolita Natural Clinoptilolita de 1%, 2% y 3% como

filler y contenido de asfalto 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0%, 7.5% y 8.0%, obteniéndose mejores resultados del gráfico Marshall un diseño de Mezcla Asfáltica Convencional (140°C y 100°C) con 6.8% de asfalto óptimo y 6.6% de asfalto óptimo en la Mezcla Asfáltica Tibia con incorporación de 2% de Zeolita Natural Clinoptilolita como filler. El resultado obtenido mostró un comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada con zeolita de 2% parcialmente inferior respecto a la Mezcla Asfáltica Convencional de 140°C; y ligeramente superior a la Mezcla Asfáltica Convencional de 100°C.

Tabla 5: *Dosificación de Agregados pétreos con zeolita Natural.*

A.	Mezcla de agregados (proporción en peso)	
A.1.	Piedra chancada ½"	30.00%
A.2.	Arena chancada ¼"	35.00%
A.3.	Arena zarandeada ¼"	32.00%
A.4.	Arena Fina N°4	10.00%
A.5.	Filler mineral (cal)	1.00%
A.6.	Zeolita	2.00%
Total:		100.00%

Fuente: Valeriano y Catacora, 2017

En la siguiente tabla se muestra la dosificación de los agregados pétreos con la adición de zeolita al 2% y los resultados Marshall.

La tabla nos muestra la gradación de la Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC), para esta investigación la gradación que se optó es la MAC-2 para tránsito pesado, se obtuvieron diferentes porcentajes para los agregados que a partir de ensayos granulométricos cumplieron las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG-2013.

Tabla 6: Resultados Marshall 100°C con 2% de Zeolita Natural.

C.	Características físico – mecánicas			
	Características	Diseño	Especificación	Evaluación
C.1.	% Óptimo de cemento asfáltico	6.6%		
C.2.	Nº de golpes en cada lado	75		
C.3.	Peso unitario (g/cm ³)	2.298		
C.4.	% Vacíos de aire	4.1	3-5%	Cumple
C.5.	Flujo (mm)	3.38	2-3.5mm	Cumple
C.6.	Estabilidad (kg)	993.3	Min. 831 kg	Cumple
C.7.	% V.M.A	16.9	Min. 15%	Cumple
C.8.	% V.F.A	75.9	Max. 85%	Cumple
C.9.	Índice de rigidez (kg/cm)	2935.99	1.700-4.000	Cumple

Fuente: Valeriano y Catacora, 2017

La tabla nos muestra los parámetros ensayados a través del método Marshall, obteniendo los resultados dentro de las especificaciones técnicas con 100°C con 2 % de zeolita y 6.6% de asfalto óptimo.

Al realizar el diseño de Mezcla Asfáltica Tibia, en cuanto a los beneficios ambientales cabe resaltar una disminución de la emisión del dióxido de carbono (CO₂) en 67.54% y 24.25% respecto a las Mezclas Asfálticas convencionales de 140°C y 100°C respectivamente, que es el responsable del calentamiento global; a su vez se ahorra el consumo de combustible y disminución en costo de producción en 3.77% y 2.95% respecto a las Mezclas Asfálticas Convencionales de 140°C y 100°C respectivamente.

El aporte de esta investigación es muy importante ya que recomienda la utilización de la zeolita natural como filler además de establecer diversas comparaciones entre los resultados y así discutir las varianzas mejorando el porcentaje de adición a una temperatura de 100°C de este material.

1.6. Bases teóricas

1.6.1. Materiales Pétreos.

Definición.

Según Rondón & Reyes, 2015. En pavimentos el “Agregado Pétreo” es un conglomerante de partículas inertes de gravas, arenas, finos y/o filler (naturales o artificiales), usados en la fabricación de mezclas asfálticas, concretos hidráulicos y materiales estabilizados. En una estructura de pavimentos los agregados pétreos deben ser más exigentes en cuanto a durabilidad, textura y resistencia mecánica, de la calidad de estos depende los mecánicos de daño que ocurren en mezclas asfálticas como son el ahuellamiento, la fatiga, el stripping y daño por humedad, estos materiales conforman entre el 88% y 96% de la masa y más de 75% del volumen.

Clasificación según a su tamaño.

Según la Norma EG-2013 los agregados pétreos deberán poseer una naturaleza tal que para ser empleados en cualquier ejecución de mezcla bituminosa, al aplicársele una capa de material asfáltico, esta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito.

- Agregado Grueso: porción de agregado retenido en el tamiz de 4,75 (N°4). Se deberá proceder de la trituración de roca o grava o por una combinación de ambas, no deben tener exceso de partículas planas, alargadas, blandas y los fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables.
- Agregado fino: porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 um (N°4 y N° 200). Constituido por arena de trituración o una

mezcla de ella con arena natural, estos deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular.

- Polvo mineral: pase el tamiz 75 μm (N°200). Este material provendrá de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser aporte de productos comerciales (cal hidratada o cemento portland).

Propiedades de los agregados pétreos.

De acuerdo a Valeriano & Catacora, 2017. Para obtener una buena calidad de los agregados para concreto asfáltico se debe considerar las siguientes propiedades.

a) Granulometría.

Al realizar una mezcla asfáltica se tiene que seguir unos parámetros en cuanto a la granulometría de los agregados, lo cual significa que estos deben estar en un cierto margen de tamaños, que se diferenciarán por ser contenidos en porcentajes diferentes en los tamices.

b) Tamaño de las partículas.

Al utilizarse los agregados las especificaciones requieren determinar el tamaño máximo de estos, el cual representa el tamaño más grande de la muestra. Formas para determinar los tamaños máximos:

Tamaño máximo nominal de partícula.

Es el tamaño precedente (más grande) del primer tamiz en el cual queda retenido más del 10% de las partículas del agregado que vienen sometidas al tamizado.

Tamaño máximo de partícula

Es el tamaño menor de aquel por el cual pasa el 100% de partículas del agregado y en el cual pasa el 90% – 99%.

c) Textura superficial

De acuerdo a la textura superficial de las partículas se puede determinar su trabajabilidad y resistencia de una mezcla asfáltica. Contando con una textura áspera favorece la resistencia del pavimento, ya que evita que las partículas se movilicen unas con respecto a otras como también asegura un coeficiente de fricción más alto, lo que asegura el tránsito de mejor manera.

Una observación adicional es que las películas de asfalto se distribuyen de mejor manera en las superficies rugosas.

d) Limpieza.

Al realizarse una mezcla asfáltica se tiene que tener en cuenta tipo y cantidades de materiales que pueden ocasionar deterioro en esta, lo cual se puede evaluar mediante un tamizado por lavado, el cual determina en porcentaje la cantidad de material indeseable (más fino que 0.075 mm).

Mediante el ensayo de Equivalente de Arena, se puede establecer la cantidad indeseable de polvo fino y arcilla en la porción de agregado que pasa el tamiz de 4.75 mm.

e) Capacidad de Absorción.

Esta es una propiedad que depende de la porosidad de un agregado, lo cual a mayor poroso será altamente absorbente y absorberá asfalto

también después de la mezcla inicial en planta. Se evalúa esta propiedad mediante el ensayo de gravedad específica y absorción del agregado.

f) Dureza.

Propiedad de los agregados para resistir a los efectos de la abrasión e intemperie, los cuales son presentes en los procesos de producción, colocación, compactación y en su vida de servicio. El ensayo a evaluar el desgaste y la abrasión es el de la Máquina de los Ángeles.

g) Afinidad por el Asfalto.

La afinidad de un agregado con el asfalto es la propiedad intrínseca de este a asimilar y retener una capa de asfalto, los que tienen un elevado índice de esta propiedad es conocido como hidrófobos porque resisten los esfuerzos del agua por separar el asfalto de sus superficies.

Los agregados hidrofílicos tienen la tendencia a separarse de las películas de asfalto cuando son expuestos al agua.

h) Forma de la partícula.

La trabajabilidad y la fuerza requerida para compactar la mezcla pueden depender de la forma de la partícula, la cual también tiene incidencia en la resistencia de la estructura del pavimento en su vida útil.

Las partículas irregulares y angulares tienden a resistir el desplazamiento en el pavimento, ya que se unen entre si cuando son compactadas.

El ensayo para medir la forma de las partículas es cubicidad de las partículas, el cual cuenta con el procedimiento de laboratorio para determinar las partículas chancadas, rodadas y lajeadas de la porción retenida en la malla N°4 de una muestra.

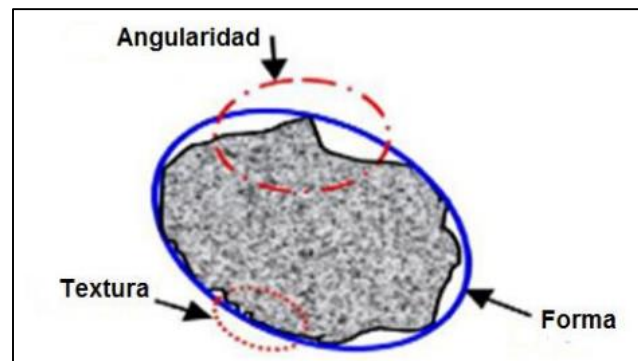


Figura 2: Forma, textura y angularidad de las partículas de agregado.

i) Peso Específico.

Esta propiedad consiste en una proporción de los pesos de un mismo volumen de agregado y de agua, y es una manera de explicitar las características de peso y volumen de los materiales. Estas características son resaltantes en la elaboración de mezclas para pavimento, ya que el agregado y el asfalto son proporcionados en la mezcla asfáltica, dependiendo su peso.

También es relevante conocer el peso específico de los agregados, debido a que aporta en el cálculo de porcentaje de vacíos de aire de las mezclas compactadas.

Existen tres tipologías de peso específico en las cuales se toma en cuenta la porosidad de los agregados, porque de eso depende cuantificar el asfalto necesario para cubrir las partículas. Son los siguientes:

- Peso específico bulk
- Peso específico aparente
- Peso específico efectivo.

1.6.2. Materiales Asfálticos.

Definición de asfalto.

Según Minaya & Ordoñez. 2012. El asfalto es un material cementante, que dependiendo a la temperatura que se encuentre se define su rigidez, a temperatura ambiente este es semisólido, mientras cuando la temperatura aumenta se vuelve líquido, permitiendo así que los agregados se mezclen completamente con el asfalto. Presenta un color oscuro y de consistencia variable este también es usado como impermeabilizante y resiste a los ácidos, los álcalis o las sales. Una característica que trata de retardarse es que al ponerse en contacto con el oxígeno de medio ambiente reacciona y debilita sus propiedades elásticas y se vuelve duro y frágil.

Cemento Asfáltico.

De acuerdo a Rondón & Reyes, 2015. En su libro “Pavimentos, materiales, construcción y diseño” señala que el cemento asfáltico de acuerdo a su consistencia es evaluado por dos ensayos por el índice de penetración el cual evalúa el grado de susceptibilidad térmica del asfalto y la viscosidad entendida como la resistencia que tiene un material a fluir sobre una superficie, asimismo este ensayo mide la consistencia y rigidez del cemento asfáltico.

Tabla 7: Tipo de Cemento Asfáltico.

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

Fuente: EG-2013.

La tabla se presenta el tipo de asfalto de acuerdo a la temperatura media anual.

1.6.3. Pavimento Asfáltico.

El pavimento es una estructura compuesta por varias capas de materiales diferentes, la cual se desarrolla bajo la superficie del mismo. Esta estructura es la que soporta las cargas, aplicadas por los vehículos a transitar, las cuales se transfieren sobre un área más amplia en las capas inferiores hasta disiparse en la subrasante, la capa con menor capacidad de soporte y la última en la estructura.

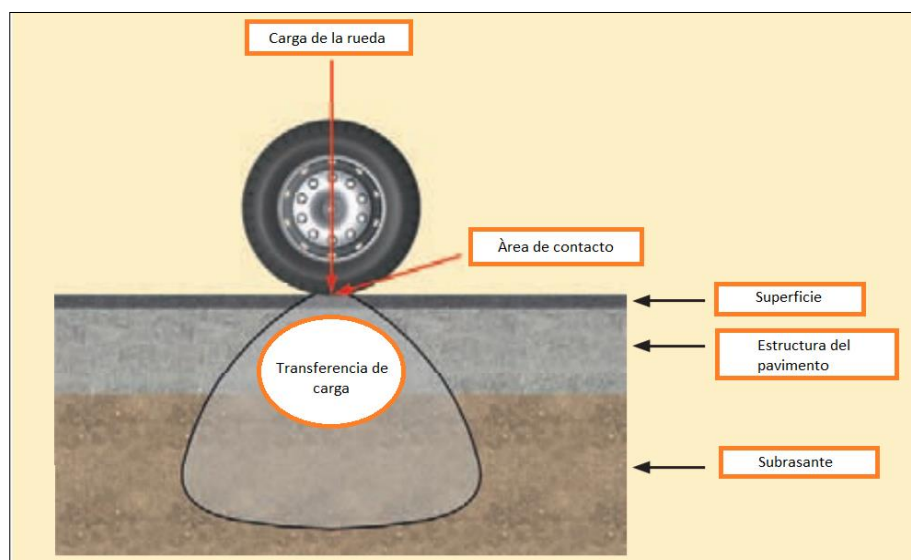


Figura 3: Transferencia de carga en un pavimento.

Fuente: Minaya. & Ordoñez, 2012.

1.6.4. Mezclas Asfálticas.

Las mezclas asfálticas están conformadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante (asfalto), vienen utilizadas en la construcción de carreteras, aeropuertos entre otros.

Mezcla convencional por un 90% de agregados pétreos, un 5% de filler y un 5% de ligante asfáltico. (Lizcano, A. 2015).



Figura 4: Cemento asfáltico a temperatura ambiente

Fuente: Lizcano, 2015.

Clasificación de las mezclas asfálticas

De acuerdo a Padilla, 2004. Para establecer las diferencias entre las distintas mezclas y las clasificaciones existen varios parámetros de clasificación que a continuación se detallan:

A. Por fracciones de agregado pétreo empleado.

- Masilla asfáltica: Polvo mineral más ligante.
- Mortero asfáltico: Agregado fino más masilla.
- Concreto asfáltico: Agregado grueso más mortero.
- Macadam asfáltico: Agregado grueso más ligante asfáltico.

B. Por la proporción de vacíos en la mezcla asfáltica.

Este parámetro suele ser imprescindible para que no se produzcan deformaciones plásticas como consecuencia del paso de las cargas y de las variaciones térmicas.

- **Mezclas Cerradas o Densas:** La proporción de vacíos no supera el 6 %
- **Mezclas Semi-cerradas o Semi-densas:** La proporción de vacíos está 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 %.

C. Por el tamaño máximo del agregado pétreo.

- **Mezclas Gruesas:** Donde el tamaño máximo del agregado pétreo excede los 10 mm.
- **Mezclas Finas:** También llamadas microaglomerados, pueden denominarse también 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 del doble al triple del tamaño máximo.

D. 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. Ejemplo, las mezclas abiertas y los que genéricamente se denominan concretos asfálticos, aunque

también una parte de la resistencia de estos últimos se debe a la masilla.

- **Mezclas sin Esqueleto mineral:** No poseen un esqueleto mineral resistente, la resistencia es debida exclusivamente a la cohesión de la masilla. Ejemplo, los diferentes tipos de masillas asfálticas.

E. Por la estructura del agregado pétreo.

- **Mezclas Continuas:** Una cantidad muy distribuida de diferentes tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico.
- **Mezclas Discontinuas:** Una cantidad muy limitada de tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico.

Propiedades Físicas de las mezclas asfálticas

Las propiedades a evaluar para un buen estudio de pavimentos son las siguientes:

A. Durabilidad

Es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento, y por consiguiente es difícil de definir solamente en términos de las propiedades del asfalto.

Esto se debe a que el comportamiento del pavimento está afectado por el diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción, y otras variables, que incluyen la misma durabilidad del asfalto.

Sin embargo, existen pruebas rutinarias usadas para evaluar el comportamiento del asfalto frente al envejecimiento en horno. Estas son la Prueba de Película delgada en Horno (TFO) y la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO). (Instituto del Asfalto, 2015)

B. Resistencia al envejecimiento

Los asfaltos tienden a endurecerse aumentando sus características de consistencia en la mezcla asfáltica durante la construcción, y también en el pavimento terminado. Este endurecimiento es causado principalmente por el proceso de oxidación (el asfalto combinándose con el oxígeno), el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas (como las temperaturas de construcción) y en películas delgadas de asfalto (como la película que cubre las partículas de agregado).

En el proceso de elaboración de la mezcla el asfalto se encuentra a altas temperaturas y en películas delgadas mientras se encuentra en el tambor mezclador. Esto hace que la oxidación y el endurecimiento más severo ocurran en esta etapa de mezclado. El margen de viscosidad del material original (antes de la Prueba de Película Delgada en Horno rotatorio – RTFO) es mucho menor que el margen obtenido después del calentamiento.

No todos los asfaltos se endurecen a la misma velocidad cuando son calentados en películas delgadas. Por lo tanto, cada asfalto debe ser ensayado por separado para poder determinar sus características de envejecimiento, y así poder minimizar el endurecimiento. Estos ajustes

incluyen mezclar el asfalto con el agregado a la temperatura más baja posible, y durante el tiempo más corto que pueda obtenerse en la práctica. El endurecimiento del asfalto continúa en el pavimento después de la construcción. Una vez más, las causas principales son la oxidación y la polimerización. Estos procesos pueden ser retardados si se mantiene, en el pavimento terminado, una cantidad pequeña de vacíos (de aire) interconectados, junto con una capa gruesa de asfalto cubriendo las partículas de agregado. (Instituto del Asfalto, 2015)

Tipos de mezclas asfálticas.

En la siguiente tabla se presenta la clasificación de mezclas asfálticas basada en los diferentes rangos de producción de temperatura según las Investigaciones de Mezclas de Baja Energía para la Rehabilitación Superficial (INMBERS).

Tabla 8: Clasificación de las Tecnologías WMA Temperaturas de producción.

Nombre de la Mezcla	Temperatura	Objetivo	Características
Mezclas Frías (Cold Mixes)	Hasta los 40 °C	Conseguir trabajabilidad adecuada.	Utilizan emulsiones y betún espumado.
Mezclas Templadas (Half-warm Mix Asphalt)	No supera la temperatura de ebullición del agua 100°C		Mayormente en mayor de los casos la humedad de los áridos.
Mezclas Semicalientes (Warm Mix Asphalt)	Mayor a los 100°C hasta cerca de los 150 °C	Producir un pavimento con mayor trabajabilidad y la compactación se realiza con menor esfuerzo.	Reducción de la temperatura conseguida durante el proceso productivo y de extendido. El consumo de combustible y energía que se produce es bastante menor.
Mezclas Calientes (Hot Mix Asphalt)	Mayor a 160°C	Conseguir trabajabilidad adecuada de la mezcla.	Mejor envuelta de los áridos.

Fuente: INMBERS

En la presente tabla se presenta la clasificación de las mezclas de acuerdo a las temperaturas a trabajarse.

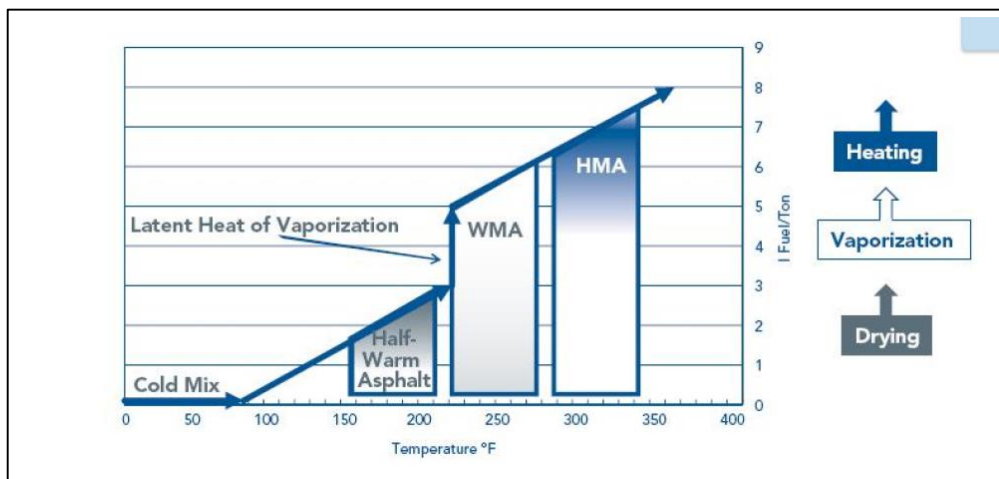


Figura 5: Clasificación de mezclas asfálticas por rango de temperaturas.

Fuente: INMBERS.

Tipos de propiedades mecánicas

a) Resistencia al deslizamiento

De acuerdo a Martínez, 2013. Es la propiedad de una plataforma para reducir el deslizamiento de los neumáticos de los vehículos, principalmente cuando la plataforma esta mojada. El neumático no debe deslizarse sobre la película de agua a este fenómeno se le denomina hidropilaneamiento. Es lógico que la plataforma rugosa tendrá mayor resistencia a deslizamiento que una plataforma suave o lisa, para conseguir las características de la plataforma hay que evaluar la textura de agregado o árido, la resistencia al pulimento y la granulometría.

También se debe tener en cuenta que una mezcla con abundante betún o mezcla no estable, se deformaría demasiado ocasionando exudación en consecuencia problemas de deslizamiento.

b) Resistencia a la flexión

Según Ramírez, 2006. Es cuando un pavimento tiene la capacidad para acomodarse a movimientos de la estructura, sin romperse debido a asentamientos de la explanada. Generalmente una mezcla con alto porcentaje de ligante es más flexible que una mezcla densa con ligante bajo, posiblemente se deberá equilibrar este punto con la estabilidad.

“Capacidad de la mezcla de adaptarse a las deformaciones por asentamientos de la base y subrasante sin agrietarse”.

c) Trabajabilidad

Según Ramírez, 2006. Es la facilidad con la que una mezcla puede ser manipulada y compactada esto puede lograrse cambiando el tipo de árido y su granulometría. La tendencia a la segregación de una mezcla gruesa

puede reducirse al agregar un árido fino o aumentar el contenido de betún, verificando que los criterios de vacíos y estabilidad. Se debe tener en cuenta que el exceso de relleno mineral podría afectar la trabajabilidad de una mezcla, al darle abundante viscosidad en consecuencia complica su composición. De otro punto, una mezcla demasiado trabajable puede volverse inestable para ser colocada y compactada adecuadamente.

En menor consideración también puede afectar el betún, debido a que una temperatura baja afecta la viscosidad del betún esto consecuentemente ocasionara que la mezcla sea poco trabajable. Se debe tener en cuenta que la cantidad o el porcentaje de betún influirán en las características de esta propiedad.

d) Impermeabilidad

De acuerdo a Ramírez, 2006. Esta propiedad tiene como característica el paso de aire y agua hacia su interior. Se le relaciona con el contenido de vacíos de la mezcla compactada, más allá que el grado de impermeabilidad está establecido al tamaño de los vacíos y por el acceso que tienen a la plataforma del pavimento. De estos dos puntos se establece que la mezcla tenga un determinado grado de permeabilidad, que estén dentro de los rangos establecidos.

e) Estabilidad

Según Ramírez. 2006.

Es la respuesta para resistir las tenciones que ocasionan las cargas de tráfico sin deformarse. Es decir, si un pavimento es estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas constantes o

repetidas, en cambio sí es inestable hay ahuellamientos de los neumáticos, ondulaciones y otros aspectos que indican cambios en el pavimento.

La resistencia a la deformación es una propiedad compleja que está relacionada principalmente a la fricción y a la cohesión interna de la mezcla. El rozamiento o fricción interna entre partículas de áridos está relacionada con las características del árido como la forma y textura superficial. Por otro lado la cohesión es la consecuencia de la capacidad aglomerante del betún. Estas dos combinaciones de fricción y cohesión interior restringen que las partículas de áridos se desplacen una con respecto a otra debido a fuerzas ejercida por el tráfico vehicular. Consecuentemente en medida que más angular sea la forma de las partículas y más áspera su textura, más elevada será la estabilidad de la mezcla. Por otra parte la cohesión aumenta a medida que aumenta la viscosidad del betún o disminución de la temperatura del pavimento. Con respecto a la cantidad de betún, hay un nivel hasta la cual la cohesión aumenta y posteriormente la película de betún es muy gruesa ocasiona pérdida de fricción entre partículas. Cuando la mezcla no es suficiente mente estable y las cargas pasaran sobre el firme causaran deformaciones plásticas visibles, esto será disminuido cuando baje la velocidad de aplicación y aumente la temperatura, esto debido a su comportamiento visco-elasto-plástico. Generalmente se ocasionan roderas o

deformaciones plásticas longitudinales y resaltos transversales en las zonas donde los esfuerzos tangenciales son bastante fuertes.

Los criterios de estabilidad se establecerán luego de un análisis completo de tráfico y las condiciones del clima a las que están sometidas las mezclas, debido a que las especificaciones de estabilidad deben ser considerablemente altas para soportar eficientemente el tráfico solicitado a la temperatura de servicio.

f) Resistencia al deslizamiento

Según Rondón & Reyes, 2015. Es la de una plataforma para reducir el deslizamiento de los neumáticos de los vehículos, principalmente cuando la plataforma está mojada. El neumático no debe deslizarse sobre la película de agua a este fenómeno se le denomina hidropeleneo. Es lógico que la plataforma rugosa tendrá mayor resistencia a deslizamiento que una plataforma suave o lisa, para conseguir las características de la plataforma hay que evaluar la textura de agregado o árido, la resistencia al pulimento y la granulometría. También se debe tener en cuenta que una mezcla con abundante betún o mezcla no estable, se deformaría demasiado ocasionando exudación en consecuencia problemas de deslizamiento.

g) Resistencia a fatiga

De acuerdo a Montalvo, 2008. Resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Mediante la investigación se ha establecido que los vacíos y la viscosidad influyen de manera considerable la resistencia a la fatiga. A mayor porcentaje de vacíos en un pavimento, sea por diseño

o por falta de compactación, la resistencia a la fatiga disminuye. De la misma manera, un pavimento que consta de asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente, evidencia menor resistencia a la fatiga.

Propiedades volumétricas de las mezclas asfálticas

Minaya & Ordoñez, 2004. Señalan que en el comportamiento de las mezclas asfálticas se debe considerar como factor importante las relaciones volumétricas entre el ligante asfáltico y los agregados. A continuación se presentan las propiedades volumétricas más importantes de una mezcla compactada de pavimento.

a) Gravedad Específica Bulk (G_{sb})

Esta propiedad es una relación entre el peso de un elemento permeable en el aire y el volumen del agregado considerando los vacíos permeables.

Ecuación 1: Gravedad específica bulk

$$G_{sb} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp})\gamma_w}$$

Donde:

G_{sb} = gravedad específica bulk del agregado

W_s = peso del agregado seco

V_s = volumen del agregado con los vacíos impermeables

V_{pp} = volumen de vacíos permeables

γ_w = peso específico del agua

b) Gravedad Específica Parente (G_{sa})

Como la propiedad precedentemente explicada esta también es una relación entre el peso de un elemento impermeable y el volumen del agregado teniendo en cuenta los vacíos impermeables.

Ecuación 2: Gravedad específica aparente

$$G_{sa} = \frac{W_s}{(V_s)\gamma_w}$$

Donde:

G_{sa} = gravedad específica aparente del agregado

W_s = peso del agregado seco

V_s = volumen del agregado con los vacíos impermeables

γ_w = peso específico del agua

a. Gravedad Específica Efectiva (G_{se})

Es la relación entre el peso de un elemento permeable, no considerando los vacíos permeables al asfalto; con el volumen del agregado incluyendo los vacíos impermeables y permeables que no asimilaron asfalto.

Ecuación 3: Gravedad específica efectiva.

$$G_{se} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp} - V_{ap})\gamma_w}$$

Donde:

G_{se} = gravedad específica efectiva

W_s = peso del agregado seco

V_s = volumen del agregado con los vacíos impermeables

γ_w = peso específico del agua

b. Vacíos en el agregado mineral (VMA)

Es el porcentaje del volumen total de la mezcla, el cual se calcula de acuerdo al volumen de vacíos de los agregados de una mezcla compactada considerando los vacíos de aire y el contenido de asfalto efectivo.

c. Contenido de asfalto Efectivo (Pbe)

Representa el contenido global del asfalto de una mezcla excluyendo la parte de asfalto asimilado por el agregado.

d. Vacíos de aire (Va)

Es el porcentaje del volumen bulk de la mezcla compactada, el cual representa el volumen total de los orificios de aire entre las partículas de los agregados.

e. Vacíos llenos con asfalto (VFA)

Parte del volumen de vacíos que se encuentran entre las partículas del agregado (VMA), el cual es ocupado por el asfalto efectivo.

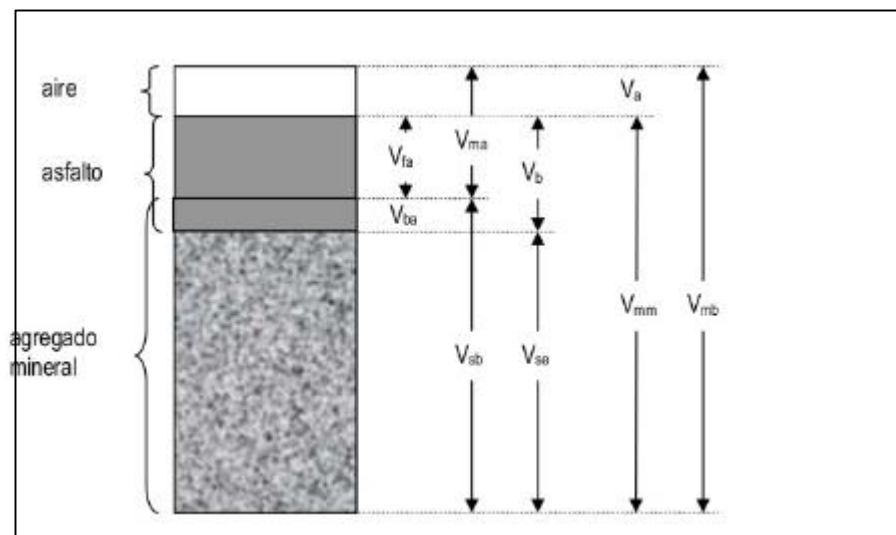


Figura 6: Esquema de una muestra HMA compactada.

Fuente: Minaya & Ordoñez, 2004.

Ensayos para determinar resistencia a deformaciones plásticas

Según Ramírez, 2006. Estos ensayos son comúnmente usados para la modificación de mezclas bituminosas, debido a que la resistencia a la deformación plástica suele ser las propiedades que más preocupan, es por este caso que se avanzado considerablemente en este campo. La estabilidad comúnmente se evalúa mediante ensayos de base principalmente empíricos. Los ensayos más conocidos son el ensayo de Marshall, el HubbardField, el Hveem, el Duriez, etc. En todos estos ensayo se lleva a la rotura de los testigos mediante una sollicitación típica de cada ensayo, a la carga de rotura se le llama estabilidad de la mezcla. Por otro lado se realizan ensayo de simulación, como el de la máquina de pista, máquina giratoria, estos los evalúan la deformación de la mezcla bajo condiciones de carga y temperatura. Finalmente se describe un ensayo de determinación, el triaxial dinámico.

- **Ensayo Hubbard – Field**

En cuanto a Ramírez, 2006. Este ensayo consiste en la fabricación de testigos cilíndricos de tamaño normalizado para luego ser compactadas estáticamente en una prensa. Las mezclas ensayadas con este modelo no deben ir por encima del tamaño máximo. El molde y la probeta se colocan encima de un anillo de diámetro menor y se le aplica una carga por encima a la de la probeta con una velocidad establecida por norma. Se registrara el esfuerzo máximo durante la extrusión de la probeta y este valor se registrara para la estabilidad de Hubbard-Field. La normativa norteamericana especifica que la estabilidad debe superar las 2000 libras (890 kg). Tomando como referencia este valor la experiencia indica que

no aparecen deformaciones permanentes visibles para el tráfico pesado esto limita el porcentaje de vacíos en un máximo de 5% y un mínimo de 2%. Este ensayo se realiza a 609 °C en los Estados Unidos, pero en Francia, el ensayo según el L.C.P.C. se realiza a una temperatura de 189C y la velocidad de deformación de 1,56 mm/s. Los especímenes se ensayan en seco y después de inmersión en agua a 18-C durante 7 días. En general se da la relación de resistencia antes y después de la inmersión. También se determina la densidad de los testigos o espécimen y el porcentaje de vacíos.

- **Ensayo Marshall**

De acuerdo a Ramírez, 2006. Este método fue desarrollado por Bruce Marshall en Departamento de Carreteras Estado de Mississippi, Estados Unidos. En la actualidad, este ensayo surgió de una investigación iniciada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 1943 en búsqueda de un método de diseño y control de pistas de aeropuertos durante la Segunda Guerra Mundial. Muchos métodos para el control y el diseño de mezclas fueron comparados y evaluados para desarrollar un método simple. El Cuerpo de Ingenieros decidió adoptar el Método Marshall debido a que en parte a que utilizaba un equipo de fácil manejo, portátil, manejable y que podía usarse rápidamente en obra. Otro punto era que el método medía propiedades asfálticas similares a las que medía el equipo Hubbard-Field. Para este método se realizaron muchos tramos de prueba simulando el tráfico para determinar cómo se comportaban las mezclas modificando su composición y así poder establecer la energía de

compactación necesaria cuando se fabrican los especímenes con densidad parecida a la registrada en obra. El objetivo del Método de dosificación Marshall es alcanzar el contenido óptimo de betún para una combinación específica de áridos, y se basa en ensayo mecánico de romper testigos cilíndricos. Compactadas a la vez de un partillo de peso y altura de caída normalizados, y precalentadas a temperatura establecida. Mediante una carga vertical a través de una mordaza perimetral y a una velocidad de deformación normalizada. Este método establece densidades y contenidos óptimos de vacíos que deben ser cumplidos mediante la construcción del pavimento. Es necesario reconocer que este ensayo es uno de los más conocidos y utilizados, tanto para la dosificación bituminosa así como para su control en planta, con la verificación de los parámetros de diseño tomados a la muestra en planta. Por otro lado en España se emplea en la formulación de mezclas densas, semidensas y gruesas. No se llega a aplicar en mezclas abiertas ya que resulta insensible para la detección del efecto del ligante sobre el comportamiento de las mezclas, no se considera adecuado para la caracterización de las mezclas de elevado ángulo de rozamiento al interior. La evaluación de las deformaciones plásticas suele completarse en España con el ensayo de máquina de pista y máquina giratoria, que presentan mayor sensibilidad y pueden considerar el efecto de la post compactación producida por el tráfico, fenómeno que puede afectar a la estabilidad al aumentar el porcentaje de vacíos rellenos por el ligante.

Ensayo para determinar la evaluación de la resistencia a la abrasión

- **Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste**

De acuerdo a Ramírez, 2006. Este ensayo ha sido desarrollado por Pérez Jiménez y Kraemer en España con la finalidad de aplicar al estudio y caracterización de mezclas porosas para su empleo en capas de rodadura. Su aplicación consiste en someter una probeta de dimensiones Marshall elaborada con la mezcla porosa, en la máquina de ensayo Los Ángeles a una temperatura establecida. Después de un número normado o establecido de vueltas se saca la probeta desgastada y se pesa. El resultado de las pérdidas que ha sufrido la muestra se expresa calculando el porcentaje de peso perdido respecto del peso inicial de la probeta.

Ecuación 4: Porcentaje de pérdida de desgaste.

$$P = \left[\frac{(p1 - p2)}{p1} * 100 \right]$$

Dónde:

P: porcentaje de pérdida por desgaste

p1: peso de la probeta antes del ensayo en gramos

p2: peso de la probeta después del ensayo en gramos

Ensayo para evaluar la resistencia a la fisuración

- **Ensayo Cohesímetro Hveem**

De acuerdo a Ramírez, 2006. El ensayo consiste en someter un testigo cilíndrico a un esfuerzo de tracción con una velocidad de carga constante hasta conseguir su rotura. La expresión que permite calcular la cohesión Hveem es la que se observa en la ecuación.

Ecuación 5: Cohesión relativa

$$C = P/[d(0.2h + 0.0445h^2)]$$

Dónde:

C: cohesión relativa valorada en gramo por pulgada de ancho, corregida por altura

P: peso en gramos necesario para romper la probeta

h: altura de la probeta en pulgadas

d: diámetro de la probeta en pulgadas

- **Ensayo de tracción indirecta.**

Según Ramírez, 2006. El ensayo consiste en la deformación por compresión diametral de un testigo cilíndrico y llevarlo hasta la rotura por tracción a lo largo del plano vertical diametral. Los especímenes son de 101,6 mm de diámetro por 63,5 mm de altura, iguales a las utilizadas en el ensayo Marshall. Esto permite calcular la resistencia a tracción que está relacionada con la cohesión de la mezcla.

Tipologías de deterioros de los pavimentos asfálticas.

Según Padilla, 2004. Señala que una de las propiedades básicas de los pavimentos es la durabilidad potencial estas deben presentar resistencia al agotamiento y a la acción del agua.

A continuación se describe los fallos debido a las formulaciones defectuosas de la mezcla y de su puesta en obra, sin embargo es necesario recalcar que existen una serie de factores con respecto a los deterioros de las pavimentos asfálticos tales como: medioambientales (lluvias, gradiente de temperatura), tráfico, materiales inadecuadas, proceso de elaboración de las mezclas inapropiadas, entre otros. Estos defectos se pueden visualizar una vez concluida la obra existiendo una mala textura superficial, geometría, aspecto y periodos considerables de tiempo durante la vida de servicio del pavimento.

Fallos en la construcción.

Segregación de la Mezcla: se clasifican en.

- Segregación aleatoria, producidas por demasiadas operaciones de arrancado y parada en las plantas de tambor secador, asimismo por las operaciones irregulares en la descarga de los camiones y demanda descompensada de la extendedora.
- Segregación transversal, debido a las inadecuadas operaciones de carga de los camiones, vaciado excesivo y mal manejo de las alas de las tolvas de las extendedoras.
- Segregación longitudinal, surge por la velocidad inadecuada de la extendedora.

Difícil compactación de la mezcla: ocurren porque son pocos trabajables y blandas.

- Mezcla poco trabajables (agrias): constituyen un esqueleto mineral con rozamiento mineral muy elevado, debido al empleo de agregados cúbicos, duros y de alta textura.
- Mezcla blanda: debido a las pasadas de los rodillos y la dificultad de compactación este responde como un material parcialmente plástico, asimismo existen factores que producen mezclas blandas como: falta de cantidad adecuada de filler mineral, excesiva humedad a la mezcla, uso de agregados pétreos con partículas redondeadas, etc.



Figura 7: Fallos en la construcción de pavimentos asfáltico.

Fuente: Padilla., 2004.

Exudaciones.

Esta patología se caracteriza por la presencia del polvo mineral incorporado en la superficie del pavimento, a continuación se presenta las principales causas:

- Escaso contenido de vacíos.
- Exceso de ligante asfáltico.
- Mala adhesividad con los agregados pétreos.



Figura 8: Exudación en pavimentos asfálticos.

Fuente: Padilla., 2004.

Segregaciones.

La segregación es la separación de las partículas minerales de la superficie del pavimento. Sus principales causas son:

- En la superficie de rodadura se presentan esfuerzos cortantes horizontales esto debido al paso de los neumáticos de los vehículos.

- A través de los huecos de la propia mezcla se presenta entrada de agua al pavimento todo ellos debido a la escasa compactación o a las malas condiciones climatológicas.
- Bajo contenido de ligante asfáltico.
- Sobrecalentamiento en la manipulación, que haya envejecido al ligante asfáltico.
- Insuficiencia de finos debido a la mala granulometría de la mezcla.
- Escasa compactación del material puesto que aumenta la permeabilidad, acelera el envejecimiento del ligante asfáltico y no permite la cohesión adecuada del mismo.



Figura 9: Segregación en pavimentos asfálticos.

Fuente: Padilla., 2004.

Desenvuelta o desplazamiento de los agregados pétreos.

Si el ligante asfáltico es desplazado por el agua o por el vapor de agua se puede producir la adhesividad entre él y la superficie mineral de las partículas y en algunas veces se genera también por la combinación de algún agente que haya contaminado el pavimento.

Cuando la desenvuelta es por el agua se puede visualizar que afecta a las partículas del árido grueso y cuando afecta a la cohesión del mortero se tiene que recurrir a ensayos de estabilidad y resistencia de agua ya que con la

observación directa es difícil de detectar esta patología. Las principales causas por las que el agua puede desplazar al asfalto son:

- Tipo de agregado pétreo con alto contenido de sílice, son más sensibles a estos fenómenos que los calizos.
- El agregado sucio no se adhiere bien a las partículas cuando presentan películas de polvo permitiendo fácilmente la entrada de agua en la superficie mineral.
- Emulsificación este fenómenos se presenta debido a la acción energética del tráfico, el ligante puede emulsionarse específicamente con agentes químicos o minerales, tales como polvo arcilloso.
- El alto contenido de vacíos en la mezcla permite el paso del agua, este fenómenos puede agravarse si el drenaje de la capa es insuficiente.



Figura 10: Desenvuelta en los pavimentos asfálticos.

Fuente: Padilla., 2004.

Textura superficial inadecuada.

Para la seguridad de rodadura de los vehículos la textura de la superficie es una característica esencial, las causas de una inadecuada textura son:

- Granulometría con excesivos finos.
- Exceso de ligante en superficie.

- Contaminación de la superficie.
- Pulimento de los agregados por ser blandos.

Agrietamiento y fisuras.

Son mecanismos habituales de falla mecánica por fatiga de una capa de pavimento, asimismo los problemas de diseño se ven reflejados en las grietas prematuras, las principales causas son:

- Las grietas se producen por tensiones mayores que la tensión de rotura de la mezcla, asimismo comienza donde a tracción por flexión es máxima.
- Las deformaciones elásticas transversales de generan con las flexiones de la capa del pavimento.
- Lo que puede producir que las mezclas sean menos resistentes es el uso de asfalto de alta viscosidad.
- Las grietas térmicas se genera por cambios de temperatura lo cual genera que el pavimento cambie su volumen.
- Las grietas generalizadas en la zona de rodadura pueden ser casadas por una inadecuada compactación, mal diseño de las capas interiores, esto debido a presencia de agua más que por el fenómeno de fatiga, asimismo se ve reflejada en la capa inferior el asentamiento,

deformación o agrietamiento causando las inadecuadas prestaciones mecánicas.

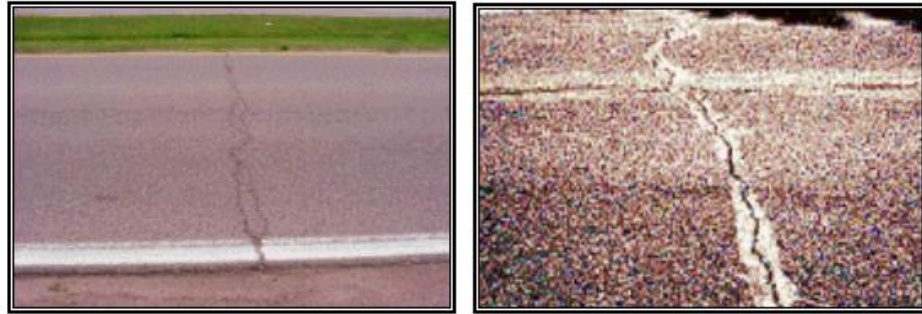


Figura 11: Agrietamiento y fisuras en los pavimentos asfálticos.

Fuente: Padilla., 2004.

Deformaciones plásticas.

Debido a la acumulación de deformaciones permanentes y/o por desplazamiento de la masa se crean variaciones permanentes del perfil superficial de la mezcla asfáltica todo ello denominado deformaciones plásticas. Existen tipos de deformaciones plásticas que a continuación se detallan:

Arrollamiento: generado debido a la baja estabilidad de las mezclas puesto que se manifiesta en una deformación plástica perpendicular al eje.

Roderas: se producen transversalmente en las huellas de las ruedas de los vehículos con desplazamientos lateral. Las roderas con desplazamiento plástico es causado por insuficientes hueco en la mezcla (menos del 3%), la roderas con consolidación es causado por exceso de huecos con falta de estabilidad de la mezcla y la deformación mecánica es causado cuando la estructura del pavimento no está bien construida. A continuación se presenta algunas de las causas de las deformaciones plásticas:

- Baja viscosidad del ligante.
- Contenido inadecuado de vacíos menos del 3% y excesivos contenidos de vacíos mayor a 8%.
- Contaminación del ligante asfáltico.
- Tiempo de aplicación de la carga prolongad que lo provisto.
- Bajo contenido de filler.
- Existencia de partículas minerales redondas.
- Variadas degradaciones del agregado pétreo.



Figura 12: Deformaciones plásticas en los pavimentos asfálticos.

Fuente: Padilla., 2004.

Mezclas Asfálticas Semicalientes.

Las investigaciones de nuevas mezclas de baja energía para la rehabilitación superficial señala que existen varias tecnologías semicalientes como: el proceso de esfumación clasificado en directos e indirectos el cual se detallara a continuación, los aditivos orgánicos clasificadas en ceras fischer-Trosh, ceras Montan y ceras de amidas acidas y los aditivos químicos.

- **Proceso de Espumación:** este tipo de tecnología WMA se basa en la incorporación de pequeñas cantidades de agua, ya sea inyectadas en el betún caliente o añadidas en con los áridos. El agua al entrar en contacto con el betún caliente, las altas temperaturas provocan su evaporación y este queda atrapado dentro de la matriz del betún, esto hace que se incremente de manera temporal el volumen del betún y disminuye la viscosidad del mismo generando una mejora notable en la envoltura y trabajabilidad de la mezcla. Es necesario añadir la cantidad correcta de agua para asegurar el efecto de esfumación, pero no demasiado de modo que se evite problemas de cohesión. El método indirecto se basa en el uso de zeolitas sintéticas, este material está compuesto de aluminosilicatos de metales alcalinos, contienen aproximadamente un 20% de agua de cristalización, estas se liberan ante el aumento de temperatura provocado por la adición del betún causando un efecto de micro esfumación en la mezcla asfáltica. Una las de características de este material es el de absorber y perder agua sin dañar su estructura cristalina. El agua que contiene el material se libera selectivamente en temperaturas que van desde los 70 hasta los 220°C.

Tabla 9: Clasificación de tecnologías WMA empleando asfalto espumado.

Proceso de Espumación						
Proceso WMA	Producto	Empresa	Descripción	Cantidad de aditivo/dosificación	Usados en	Temperatura de producción
Método directo	Aspha-Min®	Eurovia and MHI	Proceso de esfumación por el método directo	0.3% del peso total de la mezcla	USA, Alemania, Francia	(20-30°C)
Método directo	Adversa®	156.42	Proceso de esfumación por el método directo	0.25% del peso total de la mezcla	USA	(10-30°C)

Fuente: INMBERS

En la presente tabla se clasifican las tecnologías empleando asfalto espumado.

Consumo de combustible en función a la temperatura.

En la siguiente tabla se muestra el consumo de combustible en función de la temperatura, asimismo se puede concluir que menor temperatura el combustible a emplearse será menor.

Tabla 10: Consumo de combustible vs temperatura..

Temperatura de los Áridos (°C)	Consumo de Combustible (Kg FUEL/T AGLOMERADO)
140	6.6
160	7.3
180	7.9

Fuente: Valeriano & Catacora., 2017.

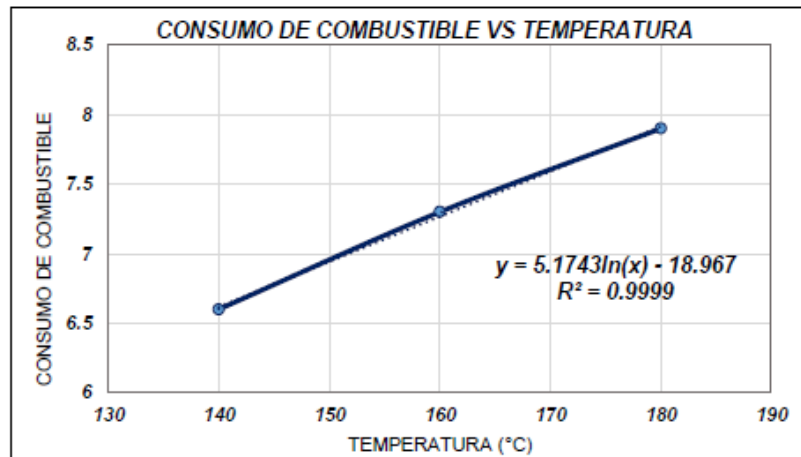


Figura 13: Regresión Logarítmica de combustible vs temperatura.

Fuente: Valeriano & Catacora., 2017.

Reemplazando:

$$Y = 5.1743 \cdot \ln(100^\circ\text{C}) - 18.967$$

$$Y = 4.86 \text{ Kg Fuel/T (Consumo de combustible para } 100^\circ\text{C)}$$

Según Valeriano & Catacora., 2017. Se puede concluir que para la elaboración de una mezcla asfáltica semicaliente a 100°C , el ahorro de combustible (38%) puesto que se hace significativo en comparación con el consumo de combustible para mezclas asfálticas convencionales.

Beneficios ambientales y de emisiones

Las Investigaciones de Nuevas Mezclas de Baja Energía para la Rehabilitación Superficial indica que el consumo de combustible y energía que se produce es menor debido a las menores temperaturas de producción de las mezclas semicalientes y templadas, asimismo la emisión de gases humos y olores también disminuyen, como son los gases invernadero y el CO_2 , como consecuencia se tiene un impacto directo tanto en la protección del medio

ambiente como en las condiciones de trabajo de aquellas personas que se dedican al mundo de mezclas asfálticas.



Figura 14: Diferencia de humos entre mezcla convencional y otra semicaliente

Fuente: INMBERS.

Beneficios Económicos

El beneficio radica en el tipo de energía que utilice en el proceso de producción, en la mayoría de los países el coste de la energía es relativamente elevado y por ende puede ser de gran importancia para el productor.

Beneficios de producción

Este beneficio está directamente relacionado con la reducción de la emisión de humos, existiendo la posibilidad de instalar plantas asfálticas cerca de áreas urbanas, con el correspondiente ahorro de transporte.

Beneficios de pavimentación

Estas tecnologías semicalientes actúan como promotores de la compactación y reducen el esfuerzo compactador requerido, asimismo otra ventaja es el de pavimentar en climas de temperaturas bajas, este beneficio aparece debido a la menor diferencia entre las mezclas y el ambiente, lo que causa una caída menos dramática del calor de la mezcla.

1.7. Zeolita natural.

Definición.

La Empresa Corporación Zeoworld Perú S.A.C define zeolita un conjunto natural multimineral, contiene un alto índice de silicio (75%). Viene producida mediante la actividad geológica y volcánica de millones de años.



Figura 15: Zeolita tipo Clinoptilolita

Fuente: Corporación Zeoworld Perú S.A.C

Origen de las Zeolitas.

El Ministerio de ciencia e Innovación en su investigación de Nuevas Mezclas de Baja Energía para la Rehabilitación Superficial señala que el conocimiento de las zeolitas remota a mediados del siglo XVIII, s comenzó a extraer de manera natural de distintos yacimientos por sus grandes ventajas por la década de 1950

Clasificación de las Zeolitas.

- **Zeolita Natural.**

Según Valeriano & Catacora, 2017. Las zeolitas son aluminosilicatos que contiene oxido de aluminio (Al_2O_3) y cuarzo (SiO_2) y están presentes en

forma natural en rocas de origen volcánico. Lo que permite el intercambio iónico es que este mineral tiene iones grandes y moléculas de agua con libertad de movimiento, asimismo tienen la capacidad de desprender agua de manera continua a medida que se calienta a temperaturas relativamente bajas por poseer una estructura molecular y teniendo la posibilidad de rehidratarse sumergiéndola en agua. A continuación el presenta tabla se muestra su composición química de la Zeolita Natural:

Tabla 11: *Composición química de la zeolita.*

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	MnO	ZnO	CuO	CIC	pH	CE
				%					Meq/100	u.	u.mbos
72,34	7,82	2,07	5,2	6,16	6,30	0,068	0,0143	0,031	>100	7	122

Fuente: Corporación Zeoworld Perú S.A.C

- **Zeolita Sintética**

El Ministerio de ciencia e Innovación, define a las zeolitas sintéticas como silicatos sódico- aluminicos, contienen alrededor de un 21% de agua por peso, el agua cristalina que contienen las partículas es liberada creando un efecto de esfumación incrementando la trabajabilidad de la mezcla, el rango de temperatura que va es desde los 85 hasta los 180 °C, comercialmente el tipo de zeolitas se presenta como gránulos muy finos con un tamaño medio de partícula de alrededor de 380 µm.

Características de la Zeolita Sintética.

Estructura: son altamente porosas, son silicatos de estructura tridimensional con grandes huecos o canales, conservan su forma y tamaño, los poros van desde las 2 a las 5 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$).

Propiedades/Efecto: Dentro de su estructura las zeolitas pueden absorber partículas ajenas y posteriormente liberarlas sin cambiar su forma. Sus centros activos están situados dentro de los poros y los huecos es por ello que no reaccionan a través de la superficie, contienen alrededor de 6 a 12% y 25% de agua respectivamente y se libera selectivamente en temperaturas que van desde los 70 hasta los 220°C.

Propiedades de las Zeolitas

- **Porosidad:**

Las dimensiones moleculares de las zeolitas varían entre 3 a 13mm, son medidas similares a los diámetros cinéticos de una gran cantidad de moléculas y están formadas por canales y cavidades regulares. Su estructura microporosa en relación a su superficie externa hace que las zeolitas muestren una superficie interna extremadamente grande.

Existen tres tipos de poros según su tamaño y es clasificad por la IUPAC (The Intenational Union of Pure and Applied Chemistry).

- Macroporos: si son mayores de 50nm.
- Mesoporos: si su diámetro está comprendida entre 2 y 50nm.
- Microporoso: si son menores de 2nm, como es el caso de los poros de las zeolitas.

De acuerdo a Valeriano & Catacora, 2017.

Los potenciales de adsorción se suman cuando la distancia entre dos superficies es suficientemente corta, asimismo conforma va disminuyendo el tamaño del poro más profunda se hace el pozo de potencial.

- **Absorción:**

Las zeolitas poseen una gran superficie interna logrando una alta eficiencia de adsorción. Existe un incremento significativo de adsorción cuando el tamaño del poro disminuye, obteniendo mejor confinamiento de la molécula absorbida.

- **Intercambio Iónico.**

La sustitución de la estructura cristalina de las zeolitas ocurre por los átomos tetravalentes de aluminio y hace que produzca una carga negativa en la estructura que se compensa por cationes fuera de ella. La propiedad intrínseca de Intercambio Iónico es debido precisamente a que los cationes pueden ser intercambiables, asimismo su estructura microporosa es una manifestación de su naturaleza, puesto que las condiciones de las cavidades y de los cationes que se intercambian determinan el curso del proceso.

Las investigaciones de nuevas mezclas de baja energía para la rehabilitación superficial mencionan que existen varios factores que señalan el comportamiento de Intercambio Iónico de las zeolitas para determinar la selectividad:

- ✓ Naturaleza de los cationes: tamaño, carga iónica, forma.
- ✓ Temperatura.
- ✓ Aniones asociados con los cationes en solución.

- ✓ Estructura de la zeolita –topología de la red, densidad de carga de red.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El diseño de investigación es experimental, ya que el experimentador tiene el control de manipular la variable independiente; es experimental puro por reunir dos requisitos; el control total de los testigos, ya que se forman grupos de comparación y en uno de ellos se manipula la variable, y la validez interna porque los grupos se forman aleatoriamente.

2.2. Operacionalización de variables.

- Variable Independiente
Incorporación de porcentajes de zeolita Natural.
- Variable Dependiente
Propiedades mecánicas.

Tabla 12: Operacionalización de variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Propiedades mecánicas	Son valores empleados para el diseño y evaluación de mezclas asfálticas, la cual determina su posible desempeño en la estructura del pavimento	Estabilidad	Carga	Kg
		Flujo	Deformación	Mm
		% Vacíos	Porcentaje de vacíos	%
		% Vacíos en el agregado mineral	Porcentaje de vacíos	%
		Índice de rigidez	Carga sobre deformación	Kg/cm

Fuente: elaboración propia

2.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.3.1. Población

Todas las probetas de mezcla asfáltica convencional y con adición de zeolita natural que serán evaluadas en sus propiedades mecánicas como la resistencia a la abrasión y en el ensayo de Aparato de Marshall en el laboratorio de suelos y pavimentos de la universidad Privada Del Norte, 2018.

2.3.2. Muestra

La técnica de muestreo que se utilizará es no probabilístico porque el investigador selecciona las muestras según un juicio subjetivo y no aleatorio; por juicio, ya que las muestras se escogieron en base al conocimiento y credibilidad de los investigadores; por expertos porque el experto elige la muestra de acuerdo a su criterio, buscando las unidades más representativas.

Se elaboraron 03 especímenes para cada contenido de asfalto, las cuales se dividirán de la siguiente manera: las primeras muestras son los testigos convencionales a temperatura de 140°C, que trabajaron con diferentes contenidos de asfalto PEN 60/70 con una variación de 0.5% entre ellas (4.5% a 6.5%); de acuerdo a la normativa se recomienda como mínimo preparar 03 probetas por cada porcentaje, por lo cual se obtuvieron 15 especímenes para el ensayo de Marshall.

Una vez determinado el contenido óptimo de asfalto, se procedió a elaborar los especímenes a una temperatura de 100°C; 03 probetas sin incorporación de zeolita y 03 con su incorporación en los siguientes porcentajes: 0.5%, 1%, 1.5%, para cada porcentaje se elaboraron 03 probetas para proceder con el ensayo.

Finalmente para la investigación se elaboraron 27 especímenes de mezcla asfáltica.

La zeolita fue comprada por los autores de la tesis, se solicitó al proveedor de la empresa ZEOWORD S.A.C ubicado en la ciudad de Lima que suministre material de polvo muy fino con tamaños inferiores al tamiz N° 4 (4.75) mm. Se tomó como referencia los estudios realizados en Cuba por Reynier, Anadelys y Mirna, 2016 con el artículo Mezclas asfálticas de bajo impacto ambiental para la rehabilitación de las carreteras en Cuba, el cual recomienda usar zeolita en forma de filler. Se obtuvieron los agregados provenientes de la cantera San Pedro km 411, ubicada a 25 minutos de la provincia de Chimbote, departamento de Ancash, cuyas muestras se desarrollaron en laboratorio cumpliendo los parámetros especificados en las normas nacionales.

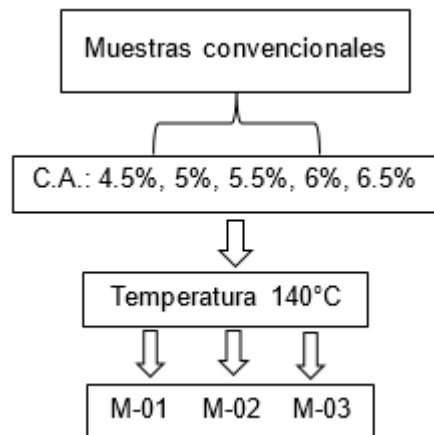


Figura 16: porcentajes adicionados a las muestras convencionales

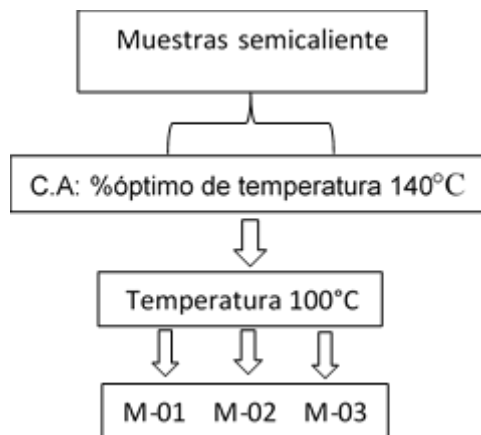


Figura 17: porcentajes adicionados a las muestras optimas

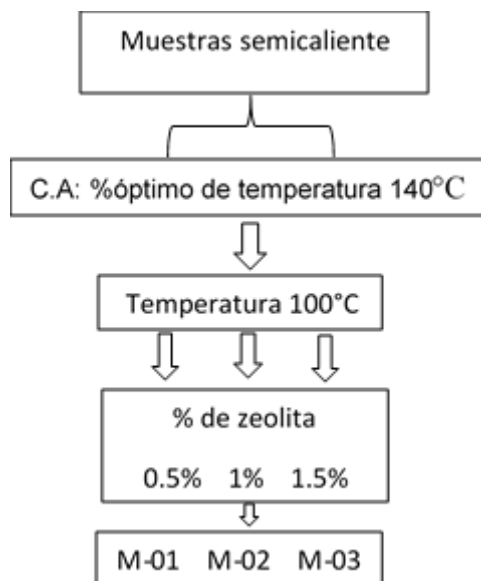


Figura 18: porcentajes adicionando zeolita natural

Tabla 13: Cantidad y descripción de muestras.

MUESTRAS	
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
03	Briquetas con 4.5% con PEN 60-70 a 140°C
03	Briquetas con 5% con PEN 60-70 a 140°C
03	Briquetas con 5.5% con PEN 60-70, 140°C
03	Briquetas con 6% con PEN 60-70 a 140°C
03	Briquetas con 6.5% con PEN 60-70 a 140°C
03	Briquetas con 5.63% con PEN 60-70 a 100°C
03	Briquetas con 5.63% con PEN 60-70 con 0, 5% de Zeolita a 100°C
03	Briquetas con 5.63% con PEN 60-70 con 1% de Zeolita a 100°C
03	Briquetas con 5.63% con PEN 60-70 con 1.5% de Zeolita a 100°C
27	TOTAL

Fuente: elaboración propia

La presente tabla representa el total de muestras que se evaluarán para encontrar el porcentaje óptimo de zeolita a 100°C.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas

En el presente trabajo de investigación la técnica utilizada es la observación, porque se hará un registro visual de lo que ocurre en situaciones reales, comparando y registrando los datos obtenidos de acuerdo tema en estudio; según la planificación de la observación es sistemática o estructurada porque el investigador dispondrá de un instrumento estructurado y organizado para medir las variables en estudio.

2.4.2. Instrumentos

El instrumento de recolección de datos que se empleará será la guía de observación; la cual será validada por el ingeniero Sagastegui Vásquez German, donde se registrarán los resultados obtenidos del laboratorio con respecto al ensayo de Marshall, al cual fueron sometidos los especímenes elaborados. Ver Anexo D.

2.4.3. Análisis de datos

Método

La presente investigación es de tipo experimental, lo que conlleva utilizar un método para validar o contrastar la hipótesis, por lo cual se utilizará el siguiente:

- **Inferencia estadística**

Es un método estadístico que cuenta con los métodos y procedimientos que a través de la inducción determina propiedades de una población. La finalidad es contar con conclusiones que sirvan para hacer deducciones sobre una totalidad.

Para obtener mayor claridad sobre los resultados se utilizarán gráficas que apoyarán en organizar, presentar y describir el conjunto de datos obtenidos. Por lo cual se hará uso del siguiente método:

- **Estadística descriptiva**

Recolecta, presenta y caracteriza un conjunto de datos con la finalidad de describir las características de una totalidad.

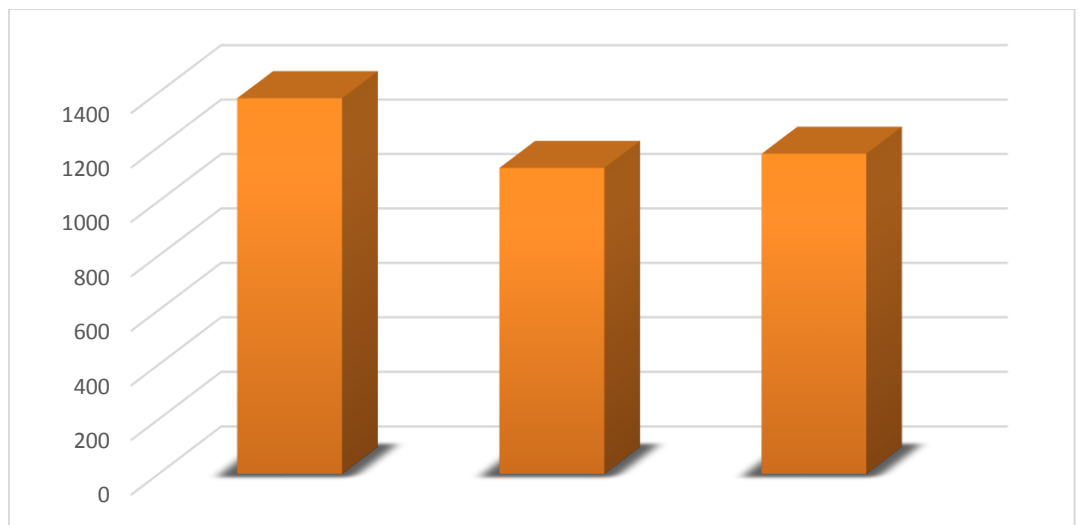


Figura 19: Gráfico de barras

Fuente: Elaboración propia

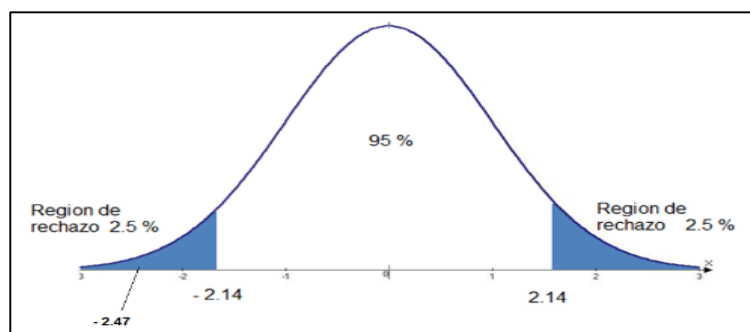


Figura 20: Gráfico para T-Student.

Fuente: Elaboración propia

Estimación puntual

Una estimación es puntual cuando se usa un solo valor extraído de la muestra para estimar el parámetro desconocido de la población. Al valor usado se le llama estimador.

Las fórmulas a usarse son las siguientes:

Tabla 14: *Estimación puntual.*

	Promedio	Varianza	Proporción
Parámetro	μ	σ^2	P
Estimación Puntual	$\mu = x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$	$\sigma^2 = s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n - 1}$	$P = p = \frac{a}{n}$

Fuente: Manual de estadísticas UPN

En la presente tabla se encuentran las ecuaciones para la parte estadística de la investigación.

Instrumento

El instrumento que se empleará en la presente investigación será la T-STUDENT, para las dos muestras, una es la de diseño de mezcla asfáltica convencional de 140°C y 100°C y la otra es el diseño de mezcla asfáltica modificada con 0.5% de zeolita natural; ya que este análisis es indicado para muestras pequeñas menores a 30, con un nivel de significancia de 0.05 (nivel de confiabilidad 95%).

2.5. Procedimiento

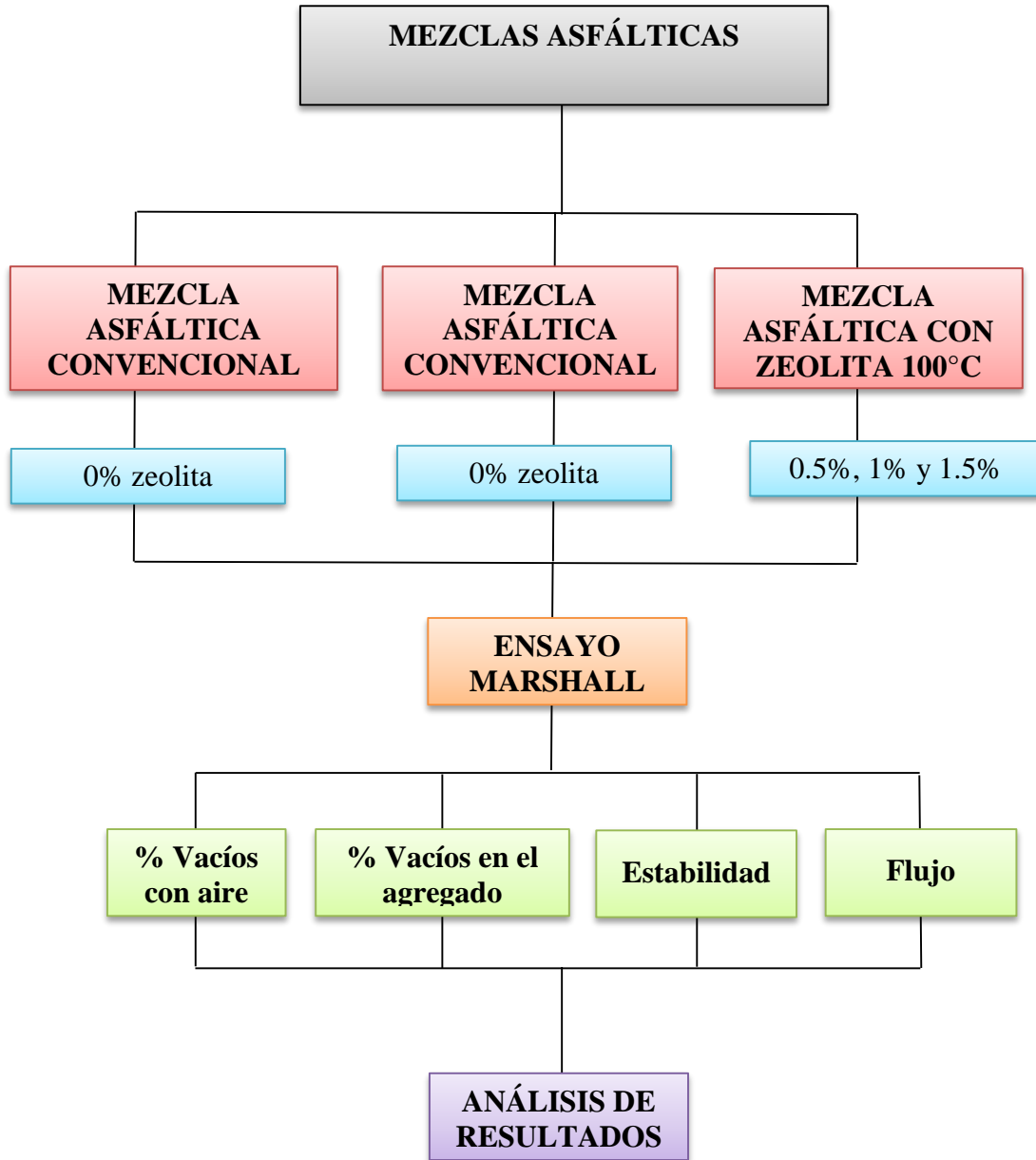


Figura 21: Circuito de procedimiento de la investigación

Fuente: Elaboración propia

2.5.1. Selección de la Cantera.

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014) indica que, para la selección de la cantera de donde se extraerá los agregados pétreos para la elaboración de las mezclas asfálticas, se debe tener en consideración: Ubicación y Potencia, Condiciones de Explotación, características principales de los materiales que puedan obtenerse, rendimientos, propiedad y disponibilidad de uso de cantera.



Figura 22: Ubicación de la cantera en Chimbote km 411.

Especificaciones técnicas de los materiales pétreos.

Según el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013), del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, denomina al agregado grueso como la porción de material retenido en el tamiz de 4,75 m (N° 4); agregado fino a la porción comprendida entre los tamices de 4,75

mm y 75 μm (N° 4 y N° 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 μm (N° 200).

Para el diseño de Pavimentos de Concreto Asfáltico en caliente los agregados deben cumplir con los requerimientos indicados en las tablas 423-01 y 423-02, del capítulo

IV Pavimentos Flexibles.

Tabla 15: *Requerimientos para los agregados gruesos.*

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		$\leq 3,000$	$> 3,000$
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	95	95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	10% máx.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Caras fracturadas:			
1 cara fracturada	MTC E 210	85% mín.	90% mín.
2 caras fracturadas		50% mín.	70% mín.
Absorción	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Manual de carreteras, EG 2013

Se detallan los parámetros para los agregados gruesos en cuanto a la normativa.

Tabla 16: *Requerimientos para los agregados finos.*

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤ 3,000	> 3,000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: Manual de carreteras, EG 2013

Se detallan los parámetros para los agregados finos en cuanto a la normativa.

Análisis Granulométrico MTC E 204

Este procedimiento define a través de los tamices la distribución de los agregados sea gruesos que finos. Los equipos a utilizarse, son los siguientes: balanzas, estufa y tamices seleccionados de acuerdo a las especificaciones según el agregado a utilizarse. El procedimiento inicia con el secado de la muestra a temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta el punto de definir un peso constante; se continúa con la selección de los tamices correspondientes, los cuales recibirán el agregado y se procederá al tamizado de forma manual o por medio de un tamizador mecánico, durante un determinado periodo. Una vez culminado el proceso de tamizado se determina el

peso del material retenido en cada tamiz para poder realizar los cálculos pertinentes; los cuales son el porcentaje que pasa y el porcentaje retenido.

Se empleó piedra chancada, arena zarandeada, arena chancada, arena fina, filler de cal hidratada y el mineral zeolita natural para el diseño de mezclas asfálticas convencionales y mezcla semicaliente con adición de zeolita natural.



Figura 23: Ensayo de Análisis Granulométrico

Fuente: Elaboración propia.

Ensayos para el agregado grueso.

Para la determinación de los ensayo para el agregado grueso se seguirá el procedimiento indicado en el Manual de Carreteras Especificaciones técnicas generales para la construcción, EG 2013.

Durabilidad (al Sulfato de Magnesio) (MTC E209).

Equipos y materiales.

Tamices: Se usarán con aberturas cuadradas de los siguientes tamaños, que cumplan con la norma sobre tamices de ensayo normalizado según NTP 350.00

Tabla 17: *Tamices de ensayo*

Abertura serie fina		Abertura serie gruesa
Nominal	Tamiz normalizado	Tamiz normalizado
N° 100	150 μ m	8,00 mm (5/16")
		9,50 mm (3/8")
N° 50	300 μ m	12,5 mm (1/2")
		16,0 mm (5/8")
N° 30	600 μ m	19,0 mm (3/4")
		25,0 mm (1")
N° 16	1,18 mm	31,5 mm (1 1/4")
N° 8	2,36 mm	37,5 mm (1 1/2")
		50,0 mm (2")
N° 5	4,00 mm	63,0 mm (2 1/2")
N° 4	4,75 mm	Tamaños mayores aumentan en 12,7 mm (1/2")

Fuente: NTP 350.001

En la presente tabla se detallan las aberturas de tamices sea para agregados gruesos y finos de acuerdo a la normativa.

Envases: Utilizados para sumergir las muestras de agregados en la solución, regulador de la temperatura; balanzas con una capacidad no menor de 5000 g y con una sensibilidad de por lo menos 1 g, para pesar el agregado grueso. Horno de secado, será tal, que se pueda calentar continuamente entre 105 a 110 °C.

Solución de sulfato de magnesio: Se prepara una solución saturada de sulfato de magnesio químicamente puro disolviendo la sal en agua a una temperatura de 25 °C a 30 °C. Se recomienda el uso de no menos de 350 g de la sal anhidra o 750 g de la sal rehidratada por litro de agua. El agregado grueso para el ensayo será el material retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4). La muestra será de un peso tal que una vez tamizada queden las siguientes cantidades de cada uno de los distintos tamaños.

Tabla 18: Pesos del agregado grueso para Ensayo de Durabilidad

Tamaño (tamices normalizado de abertura cuadrada)	Peso en (g)
Consistiendo de:	
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (N° 4)	300 ± 5
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	1 000 ± 10
Consistiendo de:	
Material de 12,5 mm (1/2") a 9,5 mm (3/8")	300 ± 5
Material de 19,0 mm (3/4") a 12,5 mm (1/2")	670 ± 10
37,5 mm (1 1/2") a 19,0 mm (3/4")	1 500 ± 50
Consistiendo de:	
Material de 25,0 mm (1") a 19,0 mm (3/4")	500 ± 30
Material de 37,5 mm (1 1/2") a 25,0 mm (1")	1 000 ± 50
63,0 mm (2 1/2") a 37,5 mm (1 1/2")	5 000 ± 300
Consistiendo de:	
Material de 50,0 mm (2") a 37,5 mm (1 1/2")	2 000 ± 200
Material de 63,0 mm (2 1/2") a 50,0 mm (2")	3 000 ± 300
Para Tamaños mayores se aumentará el tamaño del tamiz en Incrementos de 25,0 mm (1") para cada fracción.	7 000 ± 1 000

Fuente: MTC E209

Se detallan los pesos del agregado grueso a seleccionar para realizar el ensayo de durabilidad.

El agregado grueso se lava y seca hasta peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se separa en las diferentes fracciones, por tamizado. La cantidad requerida de cada una de estas fracciones se pesa y se coloca, por separado, en los recipientes para ensayo.

El procedimiento consiste en obtener el agregado grueso el cual será el material retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4). La muestra será de un peso tal que una vez tamizada queden las siguientes cantidades de cada uno de los distintos tamaños.

El agregado grueso se lava y seca hasta peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se separa en las diferentes fracciones, por tamizado. La cantidad requerida de cada una de estas fracciones se pesa y se coloca, por separado, en los recipientes para ensayo. Las muestras se sumergen en la solución de sulfato de magnesio, durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que la solución las cubra a una profundidad de por lo menos 1,5 cm. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución se mantuvieron a una temperatura de 21 ± 1 °C (70 ± 2 °F), durante todo el tiempo de inmersión. Posterior a la inmersión, la muestra se saca de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 minutos y se coloca en el horno, cuya temperatura se habrá regulado previamente a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F). Durante el periodo de secado se sacarán las muestras del horno, enfriándolas a la temperatura ambiente, y se pesan a intervalos de tiempo no menores de 4 horas.

Se puede considerar que se ha alcanzado un peso constante, cuando dos pesadas sucesivas de una muestra difieren menos de 1.0 g. Una vez alcanzado el peso

constante, se sumergieron de nuevo las muestras en la solución, El proceso de inmersión y secado de las muestras se prosiguió, hasta completar el número de ciclos que se especifiquen.

Después de terminado el último ciclo y de que la muestra se haya enfriado, se lava hasta que quede exenta de sulfato de magnesio, lo cual se reconoce en las aguas de lavado por la reacción al contacto con Cloruro de Bario ($BaCl_2$). Luego de eliminar todo el sulfato de magnesio, cada fracción de la muestra se seca hasta obtener un peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$), y se pesa. Se tamiza el agregado grueso sobre los tamices indicados a continuación, según el tamaño de las partículas.

Tabla 19: *Tamices a usar en el ensayo de Durabilidad.*

Tamaño del Agregado	Tamiz empleado
63 mm (2 ½") a 37,5 mm (1 ½")	3.15 mm (1 1/4")
37,5 mm (1 ½") a 19,0 mm (3/4")	16.0 mm (5/8")
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	8.0 mm (5/16")
9,5 mm (3/8") a 4.75 mm (Nº 4)	4.00 mm (Nº 5)

Fuente: MTC E209

Se detallan los tamices a emplear para el ensayo de Durabilidad de acuerdo al tamaño de agregado.

El tamizado del agregado grueso será realizado a mano, con una agitación suficiente solamente para asegurar que el material de menor medida pase la malla. No deberá emplearse manipulación extra para quebrar las partículas para hacerlas pasar por la malla. Se pesa el material retenido en cada malla y se registra.

Los resultados se expresan como la diferencia entre cada una de estas cantidades y el peso inicial de la fracción ensayada es la pérdida de peso y será expresada como porcentaje del peso inicial utilizado.



Figura 24: Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio MTC E 209.

Fuente: MTC E209.

Abrasión Los Ángeles (MTC E 207).

Equipos y materiales.

Máquina de los Ángeles: En la siguiente figura se muestran las características esenciales de la Máquina de los Ángeles.

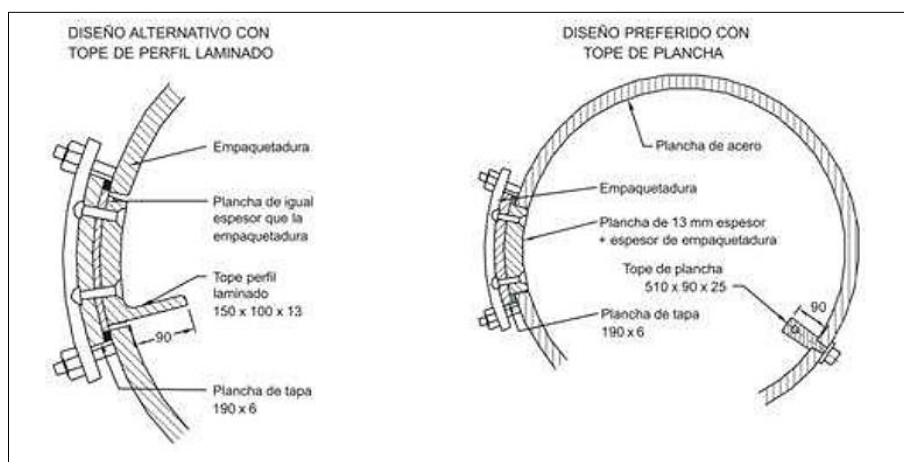


Figura 25: Características de la Máquina de los Ángeles

Fuente: MTC E207

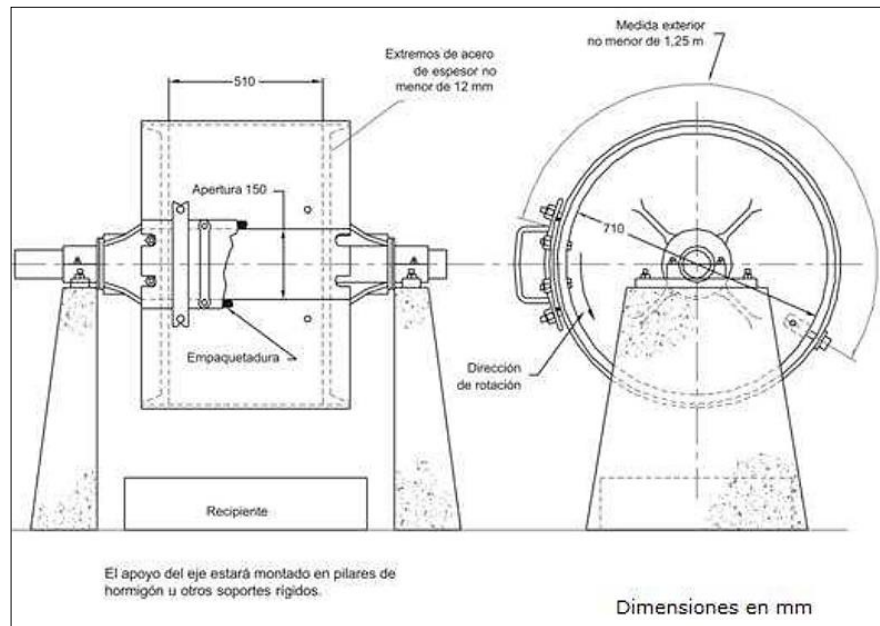


Figura 26: Características de la Máquina de los Ángeles.

Fuente: MTC E207

Tamices: Conforme con la NTP 350.001.

Balanza: Una balanza o báscula con exactitud al 0,1 % de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo.

Carga: La carga consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 g y 445 g. La carga, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo como se describe, será como sigue:

Tabla 20: Número de esferas de acuerdo con la Gradación.

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	1	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente: MTC E 207

En la presente tabla se determina el número de esferas para ingresar a la máquina de los ángeles de acuerdo a su gradación.

Lavar y secar al horno la muestra reducida a peso constante, a 110 ± 5 °C, separar cada fracción individual y recombinar a la gradación de la siguiente Tabla, lo más cercano correspondiendo al rango de medidas en el agregado. Registrar la masa de la muestra previamente al ensayo con aproximación a 1g.

Tabla 21: Gradación de las muestras de ensayo.

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
		Gradación			
Que pasa	Retenido sobre	A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-	-	-
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1 250 ± 25	-	-	-
19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-	-
12,5 mm (½")	9,5 mm (3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-	-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (¼")	-	-	2 500 ± 10	-
6,3 mm (¼")	4,75 mm (N° 4)	-	-	2 500 ± 10	-
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	-	-	-	5 000
Total		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: MTC E 207

Se muestran la gradación de las muestras para el ensayo de acuerdo a los pesos retenidos en los tamices.

Para el procedimiento se coloca la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33rpm, por 500 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (Nº 12). Lavar el material más grueso que la malla de 1,70 mm y secar al horno a 110 ± 5 °C, hasta peso constante y determinar la masa con una aproximación a 1 g.

El coeficiente de variación de dos ensayos bien ejecutados sobre el mismo agregado grueso, no deberán diferir, el uno del otro en más del 5.7% de su promedio. Los resultados se expresan mediante la diferencia entre la masa inicial y final de la muestra como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo. Este valor es el porcentaje de pérdida.



Figura 27: Ensayo de Abrasión en la Máquina de los Ángeles

Fuente: MTC E207

Adherencia (MTC E 517).

Los equipos a utilizar son: Vaso mecánico de lavado: Cilíndrico, de paredes rectas y fondo plano.

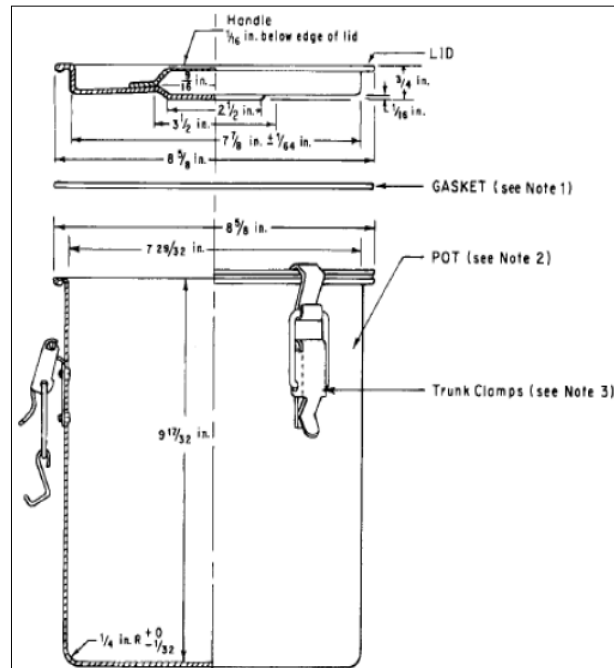


Figura 28: Vaso Mecánico de lavado.

Fuente: MTC E517

Recipiente colector o fondo de mallas: Circular, de al menos 254 mm (1,0") de diámetro y de aproximadamente 102 mm (4") de profundidad, para recoger el agua resultante del lavado de la muestra; agitador que viene a ser un dispositivo mecánico diseñado para sostener el recipiente de lavado en posición vertical mientras se somete a un movimiento lateral de pistón a una velocidad de 285 ± 10 ciclos completos por minuto.

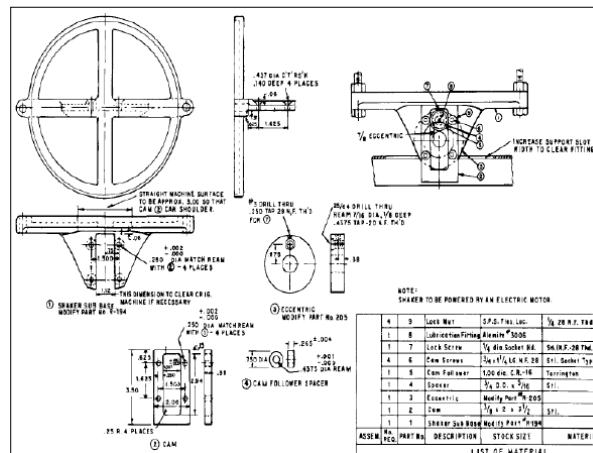


Figura 29: Agitador de tamices Tyler portátil modificado.

Fuente: MTC E517

Por otro lado se tiene la balanza con capacidad mínima de 500 g y precisión de 1 g.

Soluciones: De Cloruro de Calcio; agua destilada: necesario porque los resultados pueden ser afectados por ciertos minerales disueltos en el agua y equipos varios necesarios para realizar la prueba de Equivalente de arena.

Mientras que para el procedimiento séquese suficientemente las muestras de agregados, para permitir su completa separación de tamaños mediante el tamiz de 4,75mm (N°4), y para desarrollar una condición de fluidez o libre movimiento de los agregados cuando pasan a través del tamiz, prepárese una muestra preliminar de ensayo, de $2550 \pm 0,25$ g, secada al aire, usando la siguiente gradación.

Tabla 22: Peso de muestra para ensayo Índice de Durabilidad.

Tamaño del agregado	Peso seco al aire, g
19,0 a 12,5 mm (3/4" a 1/2")	1070 ± 10
12,5 a 9,5 mm (1/2" a 3/8")	570 ± 10
9,5 a 4,75 mm (3/8" a N° 4)	910 ± 5
Total	2550 ± 25

Fuente: MTC E214

Se determina el peso de la muestra de acuerdo al tamaño del agregado, considerando el análisis granulométrico.

Introducir la muestra preliminar de ensayo dentro del vaso mecánico de lavado, añadir $1,000 \pm 5$ ml de agua destilada, sujete la tapa del depósito en el lugar, y asegure el vaso en la tamizadora o agitadora. Después de 60 ± 10 segundos de haber introducido el agua de lavado, agítase el vaso en el agitador de tamices, por un tiempo de 120 ± 5 segundos; al terminar el periodo de 2 min de agitación, remuévase el vaso del agitador, destápese y Vierta su contenido por el tamiz de 4,75 mm (N°4). Lávense los finos remanentes en el vaso con la ayuda de una manguera, de forma tal que el agua de lavado pase por el tamiz y caiga en el mismo recipiente de los agregados que lo atravesaron, hasta que el agua salga clara; séquese la fracción retenida en el tamiz de 4,75 mm (N°4) a peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C y pésese.

Después de permitir que se enfríe el material secado al horno, sepárese el agregado grueso lavado, en los tamices de 12,5; 9,5 y 4,75 mm ($\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N° 4). Descártese el material que pasa el tamiz de 4,75 mm (N° 4); colóquese el cilindro plástico (el mismo requerido en la norma MTC E114 para obtención del equivalente de arena) sobre una mesa de trabajo, la cual no debe estar expuesta a vibraciones durante el proceso de sedimentación del ensayo. Viértanse 7 ml (0,24 onzas) de la solución base del cloruro de calcio dentro del cilindro. Colóquense los tamices de 4,75 mm (N°4) y de 75 mm (N° 200) sobre el recipiente recolector del agua de lavado con el tamiz de 4,75 mm (N°4) arriba, el cual sirve sólo para proteger el tamiz de 75 μ m (N°200).

Colóquese la muestra de ensayo lavada en el paso anterior en el vaso de lavado mecánico. Añádase luego la cantidad de agua destilada; ajústese la tapa y colóquese el vaso en el agitador. Comiéncese la agitación después de 60 segundos de haber vertido el agua de lavado. Agítese el vaso por 600 ± 15 segundos; inmediatamente después de agitado, retírese el vaso del agitador y quítesele la tapa. Agítese el contenido del vaso sostenido verticalmente, en forma vigorosa, con movimientos horizontales - circulares, cinco o seis veces, para, poner los finos en suspensión e inmediatamente viértase este contenido en el recipiente colector de agua de lavado con los tamices de 4,75 mm (N°4) y de 75 mm (N° 200). Descártese el material retenido en el tamiz de 4,75 mm (N° 4).

Añádase agua destilada, hasta dar el volumen de 1000 ± 5 ml de agua sucia. Transfírase el agua de lavado a otro recipiente adecuado para agitar y verter su contenido, colóquese un embudo en el cilindro plástico graduado. Agítese manualmente el agua de lavado para poner los finos en suspensión. Estando aún en turbulencia, viértase el agua de lavado dentro del cilindro graduado, en cantidad tal, que llegue el nivel del agua a la marca de 380 mm (15").

Remuévase el embudo, colóquese el tapón en el extremo del cilindro y prepárese para mezclar el contenido inmediatamente, mézclese el contenido mediante movimientos alternados de agitación hacia arriba y hacia abajo a la derecha y a la izquierda, haciendo que la burbuja atraviese completamente el cilindro 20 veces en 35 segundos aproximadamente, completándose el proceso de mezclado, colóquese el cilindro sobre la mesa de trabajo y remuévase el tapón. Déjese reposar el contenido del cilindro por 1200 ± 15 segundos cuidando de no perturbarlo.

Exactamente al final de este tiempo léase y regístrese la altura de la columna de sedimentación, con aproximación de 2,5 mm (0,1”).

Para la expresión de resultados en el índice de durabilidad del agregado grueso, aproximándolo al entero más cercano, se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 6: Índice de durabilidad

$$D_c = 30,3 + 20,8 \cot(0,29 + 0,15 H)$$

Dónde:

D_c = Índice de durabilidad

H = Altura de sedimentación, en mm, y la cantidad $(0,29 + 0,15 H)$ en radianes.

Partículas Chatas y alargadas (MTC E 221).

Los equipos a utilizar son los tamices de abertura: 6,3 mm (1/4”); 9,5 mm (3/8”); 12,5mm (1/2”); 19 mm (3/4”); 25 mm (1”); 37,5 mm (1 1/2”); 50 mm (2”) y 63 mm (2 1/2”); la balanza con una sensibilidad mínima de 0,1% del peso de la muestra del agregado a ensayar; horno regulado que mantenga la temperatura a $110 \pm 5^\circ\text{C}$; calibradores metálicos dos juegos de calibradores metálicos, uno de ranuras (calibrador de espesores) y otro de barras (calibrador de longitudes), cuyas dimensiones estarán de acuerdo con lo especificado en las siguientes figuras.

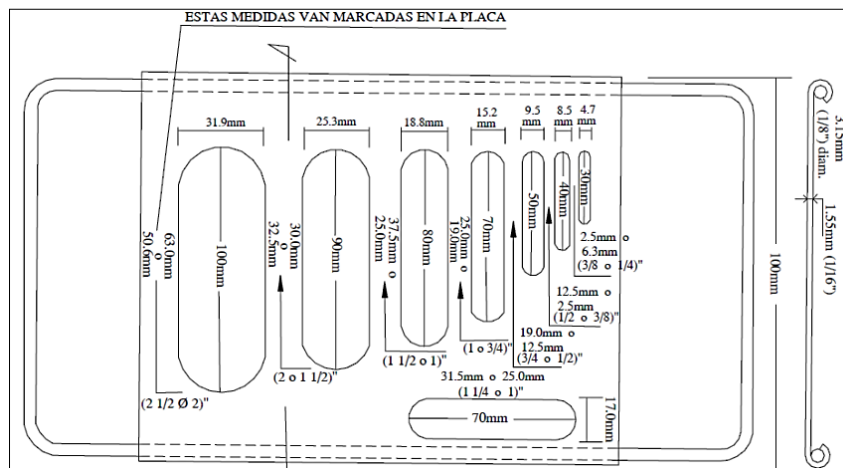


Figura 30: Calibrador de espesores

Fuente: MTC E 221.

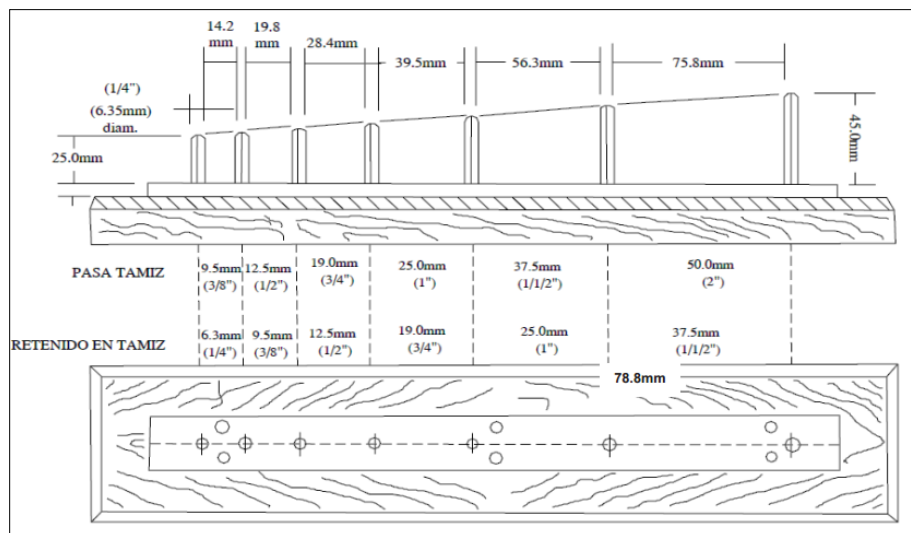


Figura 31: Calibrador de longitudes.

Fuente: MTC E 221.

Material auxiliar y general de laboratorio: Cuarteador de agregados, bandejas, etc. En el procedimiento el material recibido en el laboratorio se reduce por cuarteo hasta obtener una muestra representativa, en cantidad suficiente para la realización del ensayo. Las cantidades requeridas de peso del agregado (previamente desechados los tamaños no comprendidos entre 63,0 mm (2 1/2") y 6,3 mm (1/4"), en función del tamaño nominal de la muestra, se refieren en la siguiente Tabla.

Tabla 23: *Peso mínimo del material para ensayo de partículas chatas y alargadas.*

Tamaño nominal del agregado mm (pulg)		Peso mínimo del material para ensayo, tamaño del agregado entre 63,0 mm (2 ½”) y 6,3 mm (1/4”)
mm	(Pulg)	Kg
50,0	(2)	35
40,0	(1 ½)	15
25,0	(1)	5
20,0	(¾)	2
12,5	(½)	1
10,0	(¾)	0,5

Fuente: (MTC E 221)

En la tabla se definen los pesos mínimos para las muestras de acuerdo a su tamaño nominal determinado.

Una vez así separada la muestra para ensayo, se seca en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta peso constante y luego se procede a determinar su análisis granulométrico, de acuerdo con la norma MTC E 204, usando los tamices indicados en la siguiente Tabla.

Tabla 24: *Dimensiones de los calibradores grosor, longitud y peso mínimo.*

Tamices				Dimensiones del calibrador (mm)	
Pasa		Retiene		Aplanamiento	Aplanamiento
mm	(nulo)	Mm	(nulo)	Abertura de la ranura	Separación de las barras
63	(2 1/2”)	50	(2 ”)	33,9	-----
50	(2 ”)	37,5	(1 ”)	26,3	78,8
37,5	(1 1/2”)	25	(1 ”)	18,8	56,3
25	(1 ”)	19	(¾”)	13,2	39,6
19	(¾”)	12,5	(½”)	9,5	28,4
12,5	(½”)	9,5	(¾”)	6,6	19,8
9,5	(¾”)	6,3	(¼”)	4,7	14,2

Fuente: (MTC E 221)

La presente tabla muestra las dimensiones de los calibradores, como la abertura de la ranura y separación de las barras.

Se determina el peso P_i , con aproximación del 0,1%, de cada fracción retenida y se ponen éstas en bandejas separadas e identificadas con el tamaño definido de la fracción. Al porcentaje del peso retenido entre cada dos tamices consecutivos de los utilizados en el ensayo se le denomina R_i , siendo la i la luz del tamiz de abertura menor. Las fracciones del agregado cuyo peso sea inferior al 10% de la muestra no se ensayan.

Para separar el material con forma aplanada de cada una de las fracciones de ensayo, se hace pasar cada partícula por la ranura del calibrador de grosores, cuya abertura corresponda a la fracción que se ensaya, de acuerdo con la anterior tabla; para separar el material con 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, de acuerdo con la anterior tabla; la cantidad total de partículas de cada fracción retenida entre las dos barras correspondientes se pesa (P_i) con aproximación del 0,1% del peso total de la muestra de ensayo.

Para calcular los índices de aplanamiento y alargamiento del agregado se expresará de la siguiente manera; el índice de aplanamiento de cada fracción de ensayo se calcula, en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_{ai} , que pasa a través de la correspondiente ranura y el peso inicial, P_i , de dicha fracción.

Ecuación 7: Índice de aplanamiento de la fracción.

$$I_{ai} = \frac{P_{ai}}{P_i} \times 100$$

Dónde:

I_{ai} : Índice de aplanamiento de la fracción

El índice de alargamiento de cada fracción de ensayo se calcula, en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_{li} , retenidas entre las correspondientes barras y el peso inicial, P_i , de dicha fracción.

Ecuación 8: Índice de alargamiento de la fracción

$$I_{li} = \frac{P_{li}}{P_i} \times 100$$

Dónde:

I_{ai} : Índice de alargamiento de la fracción

El valor obtenido para cada fracción ensayada, tanto del porcentaje de aplanamiento como del porcentaje de alargamiento, se redondeará al número entero más próximo. Para expresar los índices de aplanamiento y alargamiento totales, se calcula el promedio ponderado de los respectivos índices de todas las fracciones ensayadas, empleando como factores de ponderación los porcentajes retenidos, R_i , de acuerdo con las siguientes fórmulas.

Ecuación 9: Índice de aplanamiento

$$I_a = \frac{\sum(l_{ai} \times R_i)}{\sum R_i} \times 100; I_a = \frac{\sum(l_{li} \times R_i)}{\sum R_i} \times 100$$

Dónde:

l_{ai} = Índice de aplanamiento de la fracción i

l_{li} = Índice de alargamiento de la fracción i

R_i = Porcentajes retenidos en cada fracción i

Sales Solubles totales (MTC E 219).

Equipos y materiales balanza analítica con sensibilidad de 0,01 g.; estufa capaz de mantener temperaturas de 105 ± 5 °C; plancha de calentamiento; mecheros; matraces aforados; vasos de precipitado; pipetas; tubos de ensayo; agua destilada. Además de ello solución de Nitrato de Plata; solución de Cloruro de Bario.

Para el procedimiento la muestra se debe extraer y preparar previamente. La cantidad de muestra debe ajustarse a la siguiente tabla

Tabla 25: Cantidad mínima de muestra para ensayo Sales solubles.

Agregado pétreo	Cantidad	Aforo mínimo
	mínima (g)	(ml)
Grava 50 – 20 mm	1,000	500
Grava 20 – 5 mm	500	500
Arena 5 mm	100	500

Fuente: MTC E219

Se establece las cantidades de material como muestra de acuerdo a la tipología de agregado.

Se seca la muestra en horno a 110 ± 5 °C hasta peso constante, aproximado a 0,01 gramo, registrando esta masa como A; Se coloca la muestra en un vaso de precipitado, luego se agrega agua destilada en volumen suficiente para cubrir unos 3 cm sobre el nivel de la muestra y se calentó hasta ebullición. Se agita durante 1 minuto. Repetir la agitación, a intervalos regulares, hasta completar cuatro agitaciones en un periodo de 10 minutos; decantar como mínimo 10 minutos hasta que el líquido se aprecie transparente, y trasvasiar el líquido sobrenadante a otro vaso. Se determina 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. Se repite el paso segundo y cuarto hasta que no se detecte presencia de sales, juntando los líquidos sobrenadantes; todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez enfriados, se vacía a un matraz aforado y se enrasa con agua destilada. En caso de tener un volumen superior, concentrar mediante evaporación. Se registra el aforo como B; se toma una alícuota de un volumen entre 50 y 100 ml, de la muestra previamente homogeneizada, del matraz aforado y se registra su volumen como C; luego se cristaliza la alícuota en un horno a $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta masa constante y se registra dicha masa como D.

Lo resultados se expresará en porcentaje de sales solubles, calculado mediante la siguiente relación:

Ecuación 10: % de sales solubles

$$\text{Sales solubles}_{\%} = \frac{1}{\frac{CXA}{DXB} - 1} \times 100$$

Dónde:

A = masa de la muestra seca

B = aforo

C = volumen

D = masa

Caras fracturadas (MTC E 210).

Dentro de los equipos se tiene la balanza con aproximación al menos al 0,1% de la masa de la muestra; tamices conforme a la Especificación ASTM E 11; separador o Cuarteador de muestras apropiado para la división de la muestra de campo a tamaño de ensayo de acuerdo con MTC E 103; espátula o herramienta similar para

ayudar en la mezcla de las partículas de agregado y muestrear el material de acuerdo con la MTC E 201.

En el procedimiento se seca la muestra lo suficiente hasta obtener una separación clara entre el material fino y grueso en la operación de tamizado. Tamizar la muestra por la malla N°4 (4,75 mm), u otra malla especificada para la retención de material para este ensayo, luego reducir la parte retenida sobre la malla usando un cuarteador.

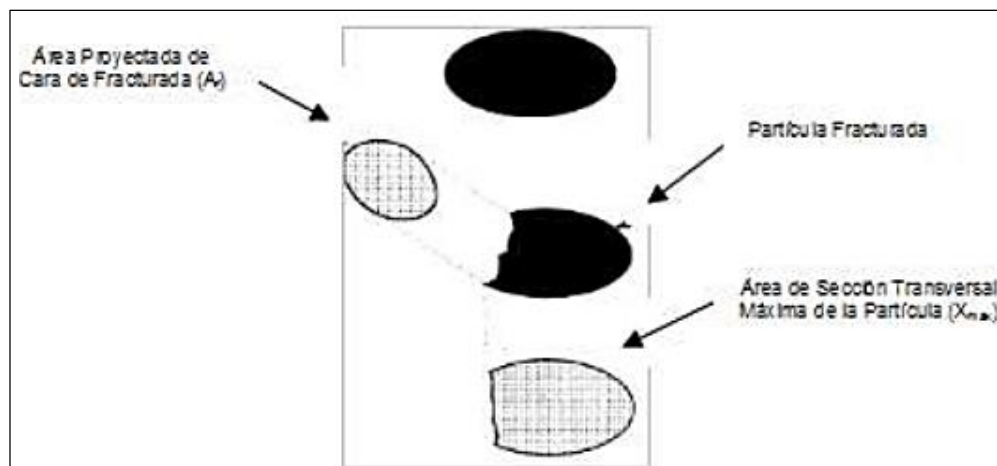


Figura 32: Esquema de una Partícula Fracturada con una Cara de fractura.

Fuente: MTC E 210

Nota: Una cara será considerada como una cara fracturada solo si tiene

$$A_f \geq 0.25 X_{max}.$$

La masa de la muestra de ensayo debe al menos ser lo suficiente grande de modo que la partícula más grande no esté en más del 1% de la masa de muestra; o la muestra de ensayo debe ser al menos tan grande como se indica a continuación, en ningún caso más pequeño.

Tabla 26: Cantidad mínima de muestra para ensayo Caras fracturadas.

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada mm (pulg.)	Muestra de ensayo mínima Masa, g (aprox. lb.)
9,5 (3/8)	200 (0,5)
12,5 (1/2)	500 (1)
19,0 (3/4)	1 500 (3)
25,0 (1)	3 000 (6,5)
37,5 (1 ½")	7 500 (16,5)
50,0 (2)	15 000 (33)
63,0 (2 ½)	30 000 (66)
75,0 (3)	60 000 (132)
90,0 (3 ½)	90 000 (198)

Fuente: (MTC E210)

Se muestran las cantidades necesarias para la realización del ensayo según su tamaño máximo nominal.

Lavar la muestra sobre el tamiz designado para la determinación de partículas fracturadas para retirar cualquier material fino remanente y secar a masa constante. Determinar la masa de la muestra, y cualquiera de las determinaciones subsecuentes de masa, al menos con 0,1% de la masa de la muestra seca original; extender la muestra de ensayo seca sobre una superficie larga, plana y limpia que permita una inspección cuidadosa de cada partícula. Para verificar que la partícula entra en el criterio de fracturada, tomar la partícula del agregado de manera que la cara sea observada directamente. Si la cara constituye al menos un cuarto de la máxima sección transversal de la partícula de roca, considerar como una cara fracturada.



Figura 33: Partículas no fracturadas

Fuente: MTC E 210



Figura 34: Partículas fracturadas bordes redondeados, superficie rugosa.

Fuente: MTC E 210

Usando la espátula o herramienta similar, separa en dos (02) categorías: (1) partículas fracturadas basadas en tanto si tiene el número requerido de caras fracturadas, (2) partículas que no reúnen el criterio especificado. Si el número requerido de caras de fractura no está dado a las especificaciones aplicables, la determinación será hecha sobre la base de un mínimo de una cara fracturada; determinar la masa o cantidad de partícula en la categoría de partícula fracturada y la masa o cantidad de las partículas que no reúnan el criterio de fractura especificado. Use la masa para calcular el porcentaje de partículas fracturadas a menos que el porcentaje por conteo de partículas sea especificado; si más de un número de caras de fractura es especificado (por ejemplo 80% con una o más caras fracturadas y 50% con 2 o más caras de fracturas), repetir el procedimiento sobre la misma muestra para cada requerimiento.

Los resultados se expresará como porcentaje de masa con el número especificado de caras fracturadas con aproximación al 1% de acuerdo con la siguiente formula.

Ecuación 11: Porcentaje de partículas fracturadas

$$P = \frac{F}{(F + N)} \times 100$$

Dónde:

P = porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas.

F = masa o cantidad de partículas fracturadas con al menos el número especificado de caras fracturadas.

N = masa o cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas o que no entran en el criterio de partícula fracturada.



Figura 35: Ensayo de Particulas Fracturadas

Fuente: MTC E 210

Absorción (MTC E 206).

En los equipos tenemos la balanza sensible a 0,5 g y con capacidad de 5 000 g o más, esta estará equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en el recipiente con agua desde el centro de la plataforma de pesado; cesta con malla de alambre con abertura correspondiente al tamiz N° 6 o abertura menor, con capacidad de 4 a 7 L y construido de tal forma de prevenir el aire atrapado cuando esté sumergido; depósito de agua un depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza; tamices: Un tamiz normalizado de 4,75 mm (N° 4) o de otros tamaños como sean necesarios, de acuerdo a la N.T.P. 350.001; estufa capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C; mezclar la muestra y reducirla aproximadamente a la cantidad necesaria. Descartar todo el material que pase el tamiz 4,75 mm (N° 4) por tamizado seco y luego lavar el material para remover polvo u otras impurezas superficiales el peso mínimo de la muestra de ensayo que será usado se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 27: *Peso mínimo de la muestra de ensayo Absorción.*

Tamaño Máximo Nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo	
	Kg	(lb)
12,5 (1/2) o menos	2	(4,4)
19,0 (3/4)	3	(6,6)
25,0 (1)	4	(8,8)
37,5 (1 ½)	5	(11)
50,0 (2)	8	(18)
63,0 (2 ½)	12	(26)
75,0 (3)	18	(40)
90,0 (3 ½)	25	(55)
100,0 (4)	40	(88)
112,0 (4 ½)	50	(110)
125,0 (5)	75	(165)
150,0 (6)	125	(276)

Fuente: (MTC E 206)

En la presente tabla se definen los pesos mínimos para las muestras de agregados para el ensayo propuesto.

El procedimiento consiste en secar la muestra a peso constante, a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ventilar en lugar fresco a temperatura ambiente de 1 a 3 horas para muestras de ensayo de tamaños máximos nominales de 37,5 mm (1 ½ pulg) o mayores para tamaños más grandes hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$); sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$, remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible; se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.

Secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre 100 °C + 5°C y se deja enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 a 3 h o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente 50 °C) y se pesa.

Los resultados se expresará como porcentaje de acuerdo con la siguiente formula.

Ecuación 12: Absorción

$$A_b(\%) = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Dónde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos.

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos.



Figura 36: Ensayo de Absorción del agregado grueso

Fuente: elaboración propia.

Ensayos para el agregado fino.

Para la determinación de los ensayo para el agregado fino se seguirá el procedimiento indicado en el Manual de Carreteras Especificaciones técnicas generales para la construcción, EG 2013.

Equivalente de Arena (MTC E 114).

Entre los equipos se tiene un cilindro graduado transparente de plástico acrílico, tapón de jebes, tubo irrigador, dispositivo de pesado de pie y ensamblaje del sifón, confortantes de las especificaciones respectivas y las dimensiones mostradas en la siguiente figura.

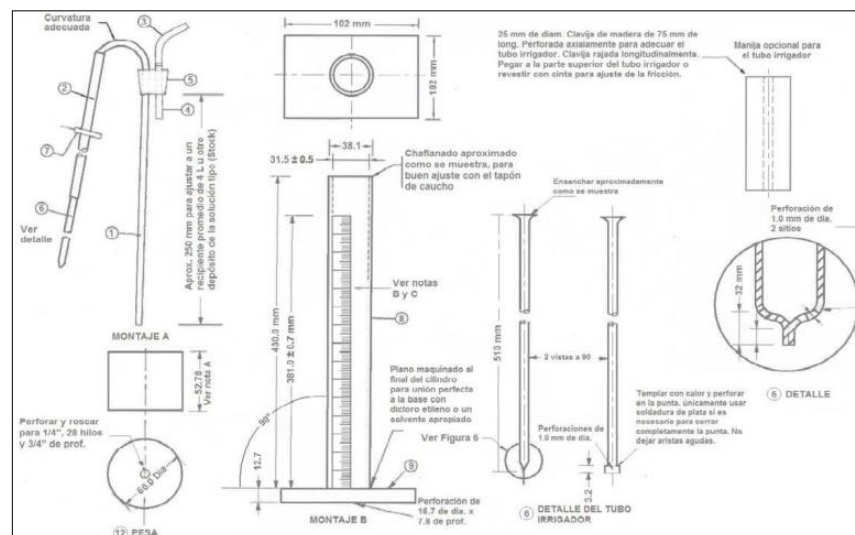


Figura 37: Aparato de Ensayo de equivalente de arena

Fuente: MTC E 114

Horno de suficiente tamaño, y capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$; agitador mecánico: para equivalente de arena diseñado para sostener el cilindro plástico graduado requerido, en una posición horizontal mientras está siendo sujeto a un movimiento recíprocante paralelo a su longitud y operando a 175 ± 2 rpm; agitador de operación manual para equivalente de arena, (Opcional); lata de

medición cilíndrica de aproximadamente 57mm (2¼ pulg) de diámetro, con una capacidad de 85 ± 5 mL; tamiz: N°4 (4,75mm); embudo de boca ancha, para transferir los especímenes de ensayo dentro del cilindro graduado; botellas de 3,8 L (1,0 gal) para almacenar el stock de la solución de trabajo; reloj de lecturas en minutos y segundos; papel filtro watman N°2V o equivalente; para ellos, también se requerirá de una solución de trabajo de cloruro cálcico, para lo cual se van a requerir los siguientes insumos:

- Cloruro cálcico Anhidro, 454g (1,00 lb) de grado técnico.
- Glicerina USP, 2050g (1 640 ml).
- Formaldehído, (40 volumen % solución) 47g (45 ml).

Obtener como mínimo 1,500 g de material pasante el tamiz N°4 (4,75mm).

Para el procedimiento se debe ajustar el dispositivo del sifón a una botella de 1,0 gal (3,8 L) de la solución de trabajo de cloruro de calcio. Coloque la botella a 91 ± 3 cm (36 ± 1 pulg) sobre la superficie de trabajo; empezar el sifón conectándolo a la parte superior de la botella con la solución mediante un pedazo corto de tubo, mientras se abre el sujetador; sifonear 102 ± 3 mm ($4 \pm 0,1$ pulg) (indicado en el cilindro graduado) de la solución de trabajo de cloruro cálcico en el cilindro de plástico; verter uno de los especímenes de ensayo en el cilindro de plástico usando el embudo para evitar derramarlo.



Figura 38: Vaciado de material y de la solución

Fuente: elaboración propia.

Mantener al espécimen humedecido y al cilindro in disturbado por 10 ± 1 min; al final de los 10 min del periodo de humedecimiento, parar el cilindro, y aflojar luego al material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo simultáneamente; después de aflojar el material del fondo del cilindro, agitar el cilindro, ya sea por método del agitador mecánico, método del agitador manual o método manual; en esta ocasión será manual: Sostenga el cilindro en una posición horizontal y agítelo vigorosamente en un movimiento horizontal de extremo a extremo. Agite el cilindro 90 ciclos en aproximadamente 30 s usando un recorrido de 23 ± 3 cm (9 ± 1 pulg) como se observa en la figura. Un ciclo se define como un movimiento completo de ida y vuelta.

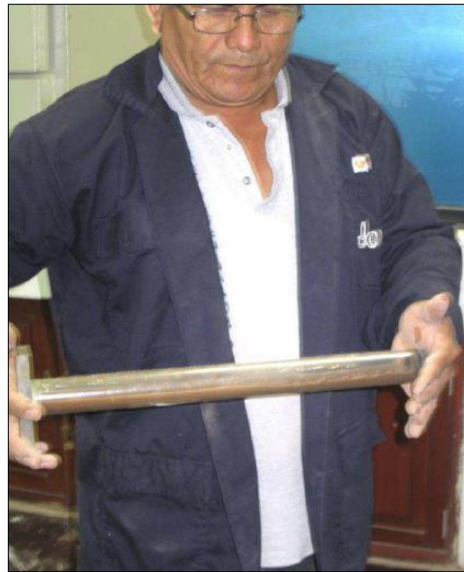


Figura 39: Usando método de agitación manual

Fuente: MTC E 114.

Siguiendo con la operación de agitación, colocar el cilindro sobre la parte superior de la mesa de trabajo y remover el tapón de jebe; insertar el tubo irrigador en la parte superior del cilindro, enjuague el material de las paredes del cilindro cuando el irrigador está siendo bajado; forzar el irrigador a través del material en el fondo del cilindro, aplicando una acción de punzonamiento y giro mientras la solución de trabajo fluye del irrigador. Esto hace que el material fino entre en suspensión sobre las partículas de arena más gruesa; continúe aplicando la acción de punzonamiento y giro mientras los finos continúan fluyendo hacia arriba hasta que el cilindro es rellenado en la gradación de 38,0 cm (15 pulg); regular el flujo justo antes de que el tubo irrigador sea completamente retirado y ajuste el nivel final a la gradación de 38,0cm (15pulg); comience a tomar el tiempo inmediatamente después de retirar el tubo irrigador; al final de los 20 min del periodo de sedimentación, leer y registrar el nivel de la parte superior de la suspensión de arcilla como se muestra en la figura.

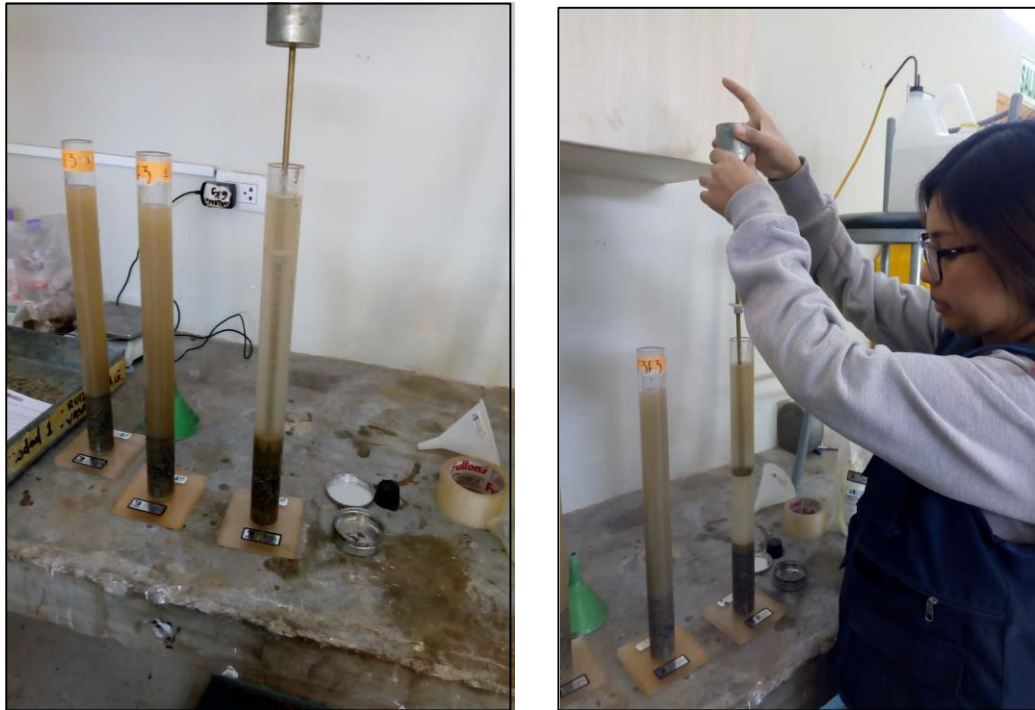


Figura 40: Lectura de arena

Fuente: Elaboración propia

Si no se ha formado una línea de demarcación clara al final del periodo de sedimentación de 20 min, deje que la muestra permanezca hasta que se pueda obtener una lectura de arcilla; después que se ha tomado la lectura de arcilla, coloque el dispositivo de pesado de pie sobre el cilindro y baje lentamente el dispositivo, hasta que descansa sobre la arena. No permita que el indicador toque el interior del cilindro. Reste 25,4 cm (10 pulg) del nivel indicado por el borde superior extremo del indicador y registre este valor como la "lectura de arena".

Los resultados se expresará como porcentaje de acuerdo con la siguiente formula.

Ecuación 13: Arena equivalente

$$SE = (\text{Lectura de arena} / \text{lectura de arcilla}) * 100$$

Dónde:

SE: Arena Equivalente.

Angularidad del Agregado Fino (MTC E 222).

Se requiere de Tamices: 2,36mm (No 8) y 75mm (N° 200); cilindro metálico de volumen conocido; embudo metálico; marco metálico

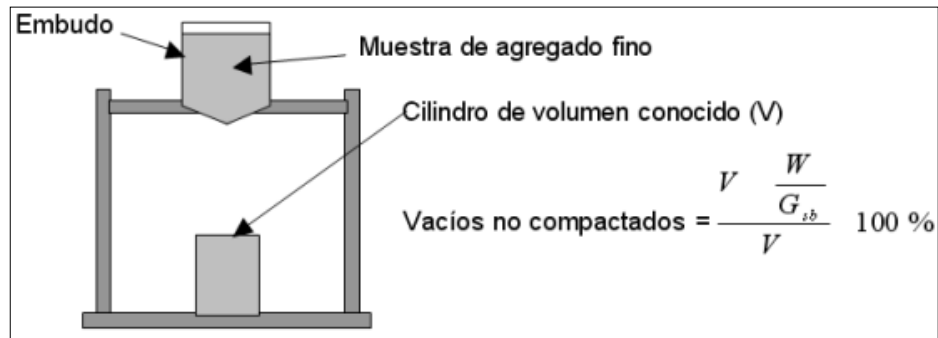


Figura 41: Aparato para medir la angularidad del agregado fino

Fuente: MTC E 222

La muestra será de los agregados utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica; Se separa material que pase el tamiz 2,36 mm (No. 8) y sea retenido en el tamiz 75 μm (No. 200); Se determina la gravedad específica bruta del agregado seleccionado (G_{sb}) se vierte la arena por el embudo hasta que rebose el cilindro de volumen conocido. Se enrasa y se pesa el material retenido en el cilindro, se determina el peso del agregado fino (w) que llena el cilindro de volumen conocido (v), el contenido de vacíos se calcula como la diferencia entre el volumen del cilindro y el volumen del agregado fino en el cilindro.

Los resultados se expresará como porcentaje de acuerdo con la siguiente formula.

Ecuación 14: Angularidad del agregado fino

$$A^{\circ} = \frac{V - \frac{W}{G_{sb}}}{V} \times 100$$

Tabla 28: Valores mínimos requerido para la angularidad (A°).

Tránsito en 10 ESALS	Prof. Desde superfi. <100 mm	Prof. Desde superfi. >100 mm
< 0.3	-----	-----
< 1	40	-----
< 3	40	40
< 10	45	40
< 30	45	40
< 100	45	45
≥ 100	45	45

Fuente: MTC E 222

Se establecen los valores mínimos aceptables para la propiedad de angularidad de acuerdo al ESAL.

Índice de Plasticidad (MTC E 111).

Espátula de hoja flexible, de unos 75 mm de longitud por 20 mm (3/4") de ancho; recipiente para almacenaje, de porcelana o similar; balanza con aproximación a 0,01 g. horno controlado regulable a 110 ± 5 °C; tamiz: N° 40; agua destilada; vidrios de reloj o recipientes adecuados para determinación de humedades; superficie de rodadura comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

Para el procedimiento se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 mm (N° 40); se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo; se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos); se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y luego, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros. Se hacen unos cilindros con diámetro de unos 3.2 mm (1/8") hasta que se desmorone,

en el caso que esto no pasara, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro; la porción obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108. Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en los primeros pasos; calcular el promedio de dos contenidos de humedad; el límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero.

Ecuación 15: Límite plástico

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso suelo secado al horno}} \times 100$$

Expresión de Resultados, se define el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

Ecuación 16: índice de plasticidad

$$\text{I.P.} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

Dónde:

IP = Índice de plasticidad.

LL = Limite líquido.

LP = Limite plástico.

Nota: Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).



Figura 42: Ensayo de Índice de Plasticidad

Fuente: MTC E 111

Durabilidad (al sulfato de Magnesio) (MTC E 209).

Se usan tamices con aberturas cuadradas de los siguientes tamaños, que cumplan con la norma sobre tamices de ensayo normalizado según NTP 350.001

Tabla 29: Tamices para ensayo de durabilidad al Mg

NOMINAL	ABERTURA SERIE FINA	ABERTURA SERIE GRUESA
	TAMIZ NORMALIZADO	TAMIZ NORMALIZADO
N° 100	150 μm	8,00 mm (5/16")
		9,50 mm (3/8")
N° 50	300 μm	12,5 mm (1/2")
		16,0 mm (5/8")
N° 30	600 μm	19,0 mm (3/4")
		25,0 mm (1")
N° 16	1,18 mm	31,5 mm (1 1/4")
N° 8	2,36 mm	37,5 mm (1 1/2")
		50,0 mm (2")
N° 5	4,00 mm	63,0 mm (2 1/2")
N° 4	4,75 mm	Tamaños mayores aumentan en 12,7 mm (1/2")

Fuente: MTC E209

En la presente tabla se establecen los tamices a utilizar para el ensayo de durabilidad.

Envases: Utilizados para sumergir las muestras de agregados en la solución; regulador de la temperatura: Se proveerán medios adecuados para regular la temperatura de las muestras durante la inmersión en la solución; balanzas se usará una balanza con una capacidad no menor de 5000 g y con una sensibilidad de por lo menos 1 g, para pesar el agregado grueso; horno de secado el horno será tal, que se pueda calentar continuamente entre 105 a 110 °C; solución de sulfato de magnesio: Se prepara una solución saturada de sulfato de magnesio químicamente puro disolviendo la sal en agua a una temperatura de 25 °C a 30 °C.

En el procedimiento el agregado fino para el ensayo se pasa por un tamiz normalizado 9,50 mm (3/8"). La muestra será de un peso tal, que una vez tamizada queden por lo menos 100 g de material en cada uno de los tamices. Los pesos retenidos serán por lo menos de 5 % de la muestra tamizada, expresados en función de los siguientes tamices nominales en la presente tabla.

Tabla 30: *Peso necesario del agregado grueso para Ensayo de Durabilidad*

Pasa el tamiz normalizado	Retenido sobre el tamiz normalizado
600µm (N° 30)	300µm (N° 50)
1,18 mm (N° 16)	600µm (N° 30)
2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (N° 16)
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)
9,50 mm (3/8")	4,75 mm (N° 4)

Fuente: MTC E209

Peso requerido para el ensayo de durabilidad en base al peso retenido en los tamices.

Se lava completamente la muestra de agregado fino sobre un tamiz normalizado 300 μm (N° 50), se seca hasta peso constante a 105 °C ó 110 °C, y separa en diferentes tamaños, por tamizado, como sigue se efectuará una separación aproximada de la muestra gradada, por medio de un juego de los tamices especificados en la anterior tabla; las muestras se sumergen en la solución de sulfato de magnesio, durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución, se mantuvieron a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$), durante todo el tiempo de inmersión; posterior a la inmersión, la muestra se saca de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 minutos y se coloca en el horno, cuya temperatura se habrá regulado previamente a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$). Durante el periodo de secado se sacaran las muestras del horno, enfriándolas a la temperatura ambiente, y se pesan a intervalos de tiempo no menores de 4 horas. Se puede considerar que se ha alcanzado un peso constante, cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, difieren menos de 1.0 g. Una vez alcanzado el peso constante, se sumergieron de nuevo las muestras en la solución, El proceso de inmersión y secado de las muestras se prosiguió, hasta completar el número de ciclos que se especifiquen; después de terminado el último ciclo y de que la muestra se haya enfriado, se lava hasta que quede exenta de sulfato de magnesio, lo cual se reconoce en las aguas de lavado por la reacción al contacto con Cloruro Bárico (BaCl_2); después que ha sido eliminado el sulfato de sodio o sulfato de magnesio, se seca cada fracción de la muestra hasta peso constante a 105°C o 110°C y luego se anota. Se tamiza el agregado fino a través del mismo tamiz en el

cual estaba retenido antes del ensayo; se obtuvo el peso de cada fracción de la muestra antes del ensayo y del material de cada fracción, más fino que el tamiz, en el cual quedó retenido el material después del ensayo; la diferencia entre cada una de estas cantidades y el peso inicial de la fracción ensayada es la pérdida de peso.

Los resultados se expresan como la diferencia entre cada una de estas cantidades y el peso inicial de la fracción ensayada es la pérdida de peso y será expresada como porcentaje del peso inicial utilizado

Índice de Durabilidad (MTC E 214).

Los equipos son vaso mecánico de lavado cilíndrico, de paredes rectas y fondo plano; recipiente colector o fondo de mallas: Circular, de al menos 254 mm (1,0") de diámetro y de aproximadamente 102 mm (4") de profundidad, para recoger el agua resultante del lavado de la muestra agitador dispositivo mecánico diseñado para sostener el recipiente de lavado en posición vertical mientras se somete a un movimiento lateral de pistón a una velocidad de 285 ± 10 ciclos completos por minuto; balanza con capacidad mínima de 500 g y precisión de 1 g; soluciones de Cloruro de Calcio; agua destilada necesario porque los resultados pueden ser afectados por ciertos minerales disueltos en el agua; equipos varios necesarios para realizar la prueba de Equivalente de arena. El procedimiento consiste en cuartear una porción representativa del material que pasa por el tamiz de 4,75 mm (N° 4), en cantidad suficiente para obtener un peso secado al horno de $500 \pm 0,25$ g; séquese la muestra preliminar de ensayo a peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C. Enfríese a la temperatura ambiente; colóquese la muestra de ensayo en el vaso mecánico de lavado, añádanse 1000 ± 5 ml de agua destilada y desmineralizada, y tápese el vaso. Asegúrese el vaso en el agitador con suficiente tiempo para

comenzar la agitación después de 600 ± 30 segundos de haber introducido el agua de lavado. Agítase el vaso por un periodo de 120 ± 5 segundos; después de completar el periodo de agitación por 2 minutos, retírese el vaso del agitador, destápese y cuélese cuidadosamente su contenido a través del tamiz de $75 \mu\text{m}$ (N° 200), protegido con el tamiz de $4,75 \text{ mm}$ (N° 4); enjuáguese el vaso y el tamiz con ayuda de una manguera, de manera que el agua de lavado caiga en el mismo recipiente de los agregados que pasaron el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (N° 200), hasta que el agua que pasa por el tamiz salga clara; después del lavado, transfírase el material retenido en el tamiz a un recipiente de secado y séquese hasta peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$; dividir o cuartear parte del material de lavado y secado y proporcionar una muestra de tamaño suficiente para llenar un tarro de 3 onzas (85 ml) hasta el borde; hágase un ensayo de equivalente de arena de acuerdo con la norma MTC E114, con la excepción de que se debe usar un agitador mecánico para agitar continuamente el cilindro y su contenido por un tiempo de 600 ± 15 segundos. Para calcular el índice de durabilidad del agregado fino, aproximándolo al entero inmediatamente superior, usando la siguiente ecuación:

Ecuación 17: índice de durabilidad

$$D_f = (\text{Lectura de arena} / \text{lectura de arcilla}) * 100$$

Sales Solubles Totales (MTC E 209).

Para la determinación del ensayo de sales solubles en el agregado fino, se seguirá el procedimiento para el ensayo del agregado grueso.

Absorción (MTC E 205).

Entre los equipos una balanza con capacidad mínima de 1000 g o más y sensibilidad de 0,1 g; estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$; frasco

volumétrico de 500 cm³ de capacidad; molde cónico metálico de 40 ± 3 mm de diámetro interior en su base menor, 90 ± 3 mm de diámetro interior en una base mayor y 75 ± 3 mm de altura; varilla para apisonado, metálica, recta, con un peso de 340 ± 15 g y terminada en un extremo en una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.

El procedimiento consiste en mezclar uniformemente y reducir por cuarteo hasta obtener un espécimen de ensayo de aproximadamente 1 kg; colocar el agregado fino obtenido por cuarteo y secado a peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C en un recipiente y cubrir con agua dejando reposar durante 24 horas; decantar el agua evitando pérdida de finos y extender el agregado sobre una superficie plana expuesta a una corriente de aire tibio y remover frecuentemente para el secado uniforme, hasta que las partículas del agregado no se adhieran marcadamente entre sí; colocar en el molde cónico y golpear la superficie suavemente 25 veces con la varilla para apisonado y levantar luego el molde. Si existe humedad libre el cono de agregado fino mantiene su forma. Seguir secando, revolver constantemente y probar hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, lo que indica que el agregado fino alcanzó una condición de superficie seca; introducir en el frasco una muestra de 500 g de material preparado, llenar parcialmente con agua a una temperatura de 23 ± 2 °C hasta alcanzar la marca de 500 cm³. Agitar el frasco para eliminar burbujas de aire de manera manual o mecánicamente; mecánicamente, extraer las burbujas de aire por medio de una vibración externa de manera que no degrade la muestra; después de eliminar las burbujas de aire, ajustar la temperatura del frasco y su contenido a 23 ± 2 °C y llenar el frasco hasta la capacidad calibrada. Determinar el peso total del frasco, espécimen y agua.; remover el agregado fino

del frasco, secar en la estufa hasta peso constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, enfriar a temperatura ambiente por $\frac{1}{2}$ a $1 \frac{1}{2}$ hora y determinar el peso.

Los resultados se expresará como porcentaje de acuerdo con la siguiente formula.

Ecuación 18: Absorción

$$A_b = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100$$

Dónde:

W_0 = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, g.



Figura 43: Ensayo de Absorción del Agregado Fino

Fuente: MTC E 205

Características del Cemento Asfáltico.

Debido a que la temperatura media anual de Trujillo varia dentro de los 23°C , se decidirá trabajar con un cemento asfáltico 60 – 70.

El cemento asfáltico deberá cumplir con los requerimientos establecidos en las tablas Tabla 415-01 y Tabla 415-02, según el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

Tabla 31: Selección del tipo de cemento asfáltico

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

Fuente: EG 2013

Se presentan los tipos de cementos asfálticos a escoger dependiendo del tipo de asfalto si convencional o modificado.

Tabla 32 : Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Tipo		Grado de Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100g, 5s, 01 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de inflexión, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en tricloro, etileno, %	MTC E 302	99.0		99.0		99.0		99.0		99.0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad térmica)	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies)											
Solvente Nafta - Estándar		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta - Xileno, % Xileno	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano - Xileno, % Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película delgada a 163°C, 3.2mm, 5h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754	0.8		0.8		1.0		1.3		1.5	
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	50		75		100		100		10	

Fuente: (EG 2013)

Se presentan las especificaciones de cementos asfálticos de acuerdo al grado de penetración.

Pruebas sobre el material bituminoso

Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 1mm (MTC E 304).

Dentro de los equipos para el aparato de penetración será aceptable cualquier aparato que permite al sostén de la aguja (vástago) moverse verticalmente sin fricción y que sea capaz de indicar la profundidad de penetración al 0,1 mm más cercanos.

Aguja de penetración que deberá estar hecha de acero inoxidable templado y totalmente endurecido. La aguja Standard deberá ser de aproximadamente 50mm (2pulg) de longitud, el diámetro de todas las agujas deberá ser de 1,00 a 1,02 mm.

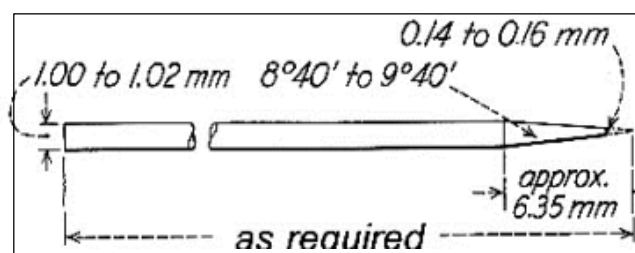


Figura 44: Aguja para prueba de penetración

Fuente: MTC E304

Recipiente de prueba cilíndrico de metal o vidrio con fondo plano. Para penetraciones menores de 200, 55 mm de diámetro y 35 mm de profundidad interna.

Baño de agua capaz de mantener una temperatura de $25 \pm 0,1$ °C o cualquiera otra temperatura de prueba dentro de 0,1 °C. El baño tendrá una placa perforada que estará colocada a una distancia por debajo del líquido del baño; plato de transferencia cuando se use el plato de transferencia tendrá una capacidad de por lo menos 350 ml y de profundidad suficiente para que el agua cubra la superficie del

recipiente de la muestra; dispositivo de tiempo para penetrómetros de operación manual cualquier dispositivo medidor de tiempo, tal como cronómetro eléctrico, un reloj de detención u otro dispositivo puede usarse con tal de que este graduado en 0,1 s o menos y con exactitud de $\pm 0,1$ s para intervalos de 60 s; termómetros de líquido en vidrio, calibrados con rango y subdivisiones convenientes y error máximo de 0,1° C.

Para el procedimiento en primer lugar de la muestra de laboratorio, se separará con una espátula caliente unos 400 a 500 g de material que se colocará 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 espécimen; luego, no calentar la muestra por más de 60 minutos. Remover la muestra hasta asegurar que sea homogénea. Evite incorporar burbujas a la muestra. Verter la muestra en el recipiente a una profundidad tal que, cuando se enfríe a la temperatura de prueba, la profundidad de la muestra sea por lo menos 120% de la profundidad a la que la aguja se espere penetre; dejar enfriar al aire a una temperatura entre 15 y 30 °C por 1 a 1,5 horas; poner el recipiente de la muestra en el plato de transferencia, cubra el contenedor completamente con agua del baño mantenido a la temperatura indicada de ensayo. Permita que el recipiente permanezca por 1 a 1,5 horas.

Examine el sujetador de la aguja y guía para establecer la ausencia de agua u otro material extraño, Limpie la aguja de penetración con tolueno u otro solvente conveniente, seque con una tela limpia e inserte la aguja de penetración en el Penetrómetro; posicione la aguja lentamente bajándola hasta que la punta roce con la superficie de la muestra; rápidamente suelte al poseedor de la aguja para el período especificado de tiempo y ajuste el instrumento para medir la distancia penetrada en décimas de milímetro. Si el recipiente se mueve, ignore el resultado. Hacer por lo menos tres determinaciones en puntos de la superficie de la muestra, a no menos de 10 mm del borde del recipiente y no menos de 10 mm separadamente entre ellos.

Finalmente, se calculará el promedio de las tres penetraciones ejecutadas sobre la muestra de ensayo, reportando a la unidad entera más cercana el promedio de tres penetraciones cuyos valores no difieran por más de lo siguiente.

Tabla 33: *Aceptabilidad de los resultados para el ensayo.*

Penetración	0 a 49	50 a 149	150 a 249	250 a 500
Máxima diferencia entre la penetración más alta y la más baja.	2	4	12	20

Fuente: (MTC E304)

Se presentan los valores aceptables según norma para tomar como referencia en los ensayos.

Punto de Inflamación, °C (MTC E 312)

Dentro de los equipos tenemos al probador de inflamación: copa abierta TAG.

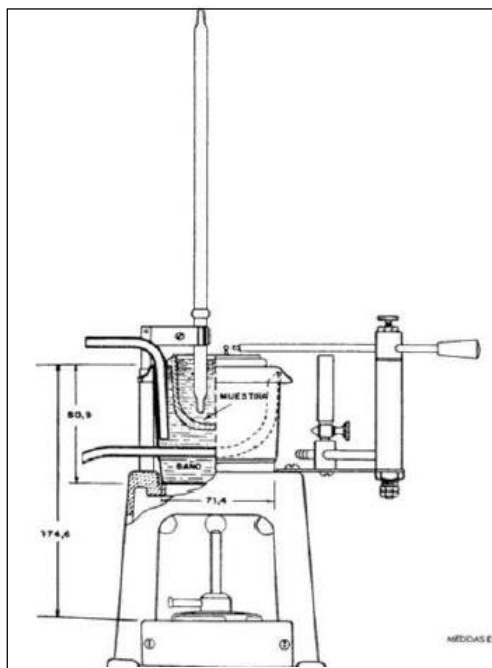


Figura 45: Equipo para ensayo de Punto de Inflamación copa TAG

Fuente: MTC E304

Protector, termómetros: Un termómetro Martes Pensky de bajo rango (-7 a 111 °C).

En el procedimiento se utilizara asfaltos rebajados (cutback); se coloca la copa de vidrio en el baño metálico y ajústese el soporte del termómetro de tal manera que este quede firmemente soportado en una posición vertical, en la mitad entre el centro y la pared de la copa, y sobre una línea que pase a través del centro de la copa y del eje de rotación del aplicador, luego colóquese el termómetro de tal manera que su extremo inferior se halle a 6,4 mm por encima del fondo interior de la copa, llenar el recipiente metálico con agua o con solución de agua-glicol que tenga una temperatura al menos de 16,5 °C por debajo del punto de llama probable del material que va a ser ensayado.

Colocar el dispositivo metálico de nivelación sobre el borde de la copa y llénese esta con el material que va a ser ensayado, hasta que el nivel toque exactamente los indicadores del dispositivo de nivelación (este deberá ser aproximadamente de 3,2

mm por debajo del borde de la copa); enciéndase la llama de ensayo, ajústese hasta aproximadamente el mismo tamaño que la esfera-patrón, pero nunca mayor de 4mm; aplicar calor al baño de tal manera que la temperatura de la muestra se eleve a la velocidad de $1 \pm 0,25$ °C por minuto, cerca de los 15 segundos antes de que la vela pase sobre la superficie, insertar una varilla por el extremo para agitar el fondo a 13mm de aproximadamente en posición vertical. Mover de lado del extremo de la copa, pasar de tres a cuatro veces siguiendo el camino de la vela, mover continuando el ensayo.

Comience en un punto de $13,8 \pm 2,8$ °C por debajo del punto de inflamación, realizar un ajuste final en la muestra que está en la copa; en intervalos sucesivos pasar la vela por ignición a través de la muestra con un movimiento continuo, de tal manera que el tiempo de cada paso sea 1 segundo. El primer pase debe ser inmediatamente después que haya pasado el nivel de ajuste, registrar la temperatura del termómetro en el tiempo en que la aplicación de la llama de la vela causa un relámpago visible en el interior de la copa de ensayo.

Finalmente informar la temperatura como punto de inflamación o llama, como el punto de inflamación o de llama mediante la copa abierta de TAG.

Ductilidad, 25 °C, 5cm/min, cm (MTC E 306).

Dentro de los equipos y materiales se tiene el molde y Placa que debe ser similar a lo mostrado en la siguiente figura. El Molde debe ser hecho de bronce, los extremos son conocidos como sujetadores. Las dimensiones del molde ensamblado serán como se muestra con las variaciones permisibles indicadas. La Placa para el llenado de los moldes, se dispondrá de una placa de bronce plana,

provista de un tornillo lateral de sujeción y con la forma y dimensiones que se detallan a continuación.

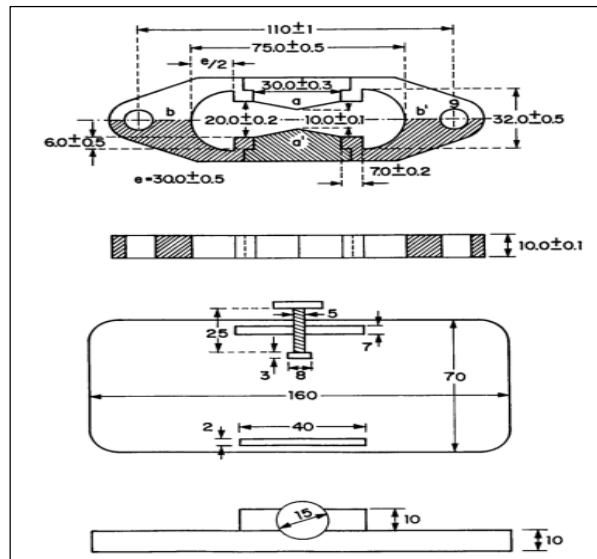


Figura 46: Molde y placa para ductilómetro

Fuente: MTC E 306

Baño de agua: Que pueda mantener la temperatura de ensayo con una variación máxima de $0,1^{\circ}\text{C}$. Su volumen no será inferior a 10 litros; ductilómetro el aparato se denomina ductilómetro y en esencia, consta de un tanque de agua en el que se sumergen los especímenes, provisto de un mecanismo de arrastre que no produzca vibraciones, capaz de separar a la velocidad especificada un extremo de la probeta del otro, que permanece fijo; termómetro que tenga un rango entre -8°C a 32°C .

En el procedimiento primero ensamble el molde en la placa de bronce. Cubra completamente la superficie de la plancha y superficies interiores de los lados del molde con una capa delgada de una mezcla de glicerina, talco o caolín (arcilla de loza) para impedir que el material bajo la prueba se adhiera; calentar cuidadosamente la muestra previniendo el sobrecalentamiento local hasta que se haya puesto suficientemente fluido para verter.

Después de un agitado continuo, vacíe dentro del molde. Llenando el molde, tenga cuidado de no desarreglar las partes y por lo tanto no deformar el bloque; dejar el molde, conteniendo el material a una temperatura ambiente por un periodo entre 30 a 40 minutos y luego ponerlo en el baño de agua manteniéndolo a una temperatura de prueba especificada por 30 minutos; entonces eliminar el exceso de bitumen con un emparejador o espátula justo al ras del molde; manteniendo el espécimen a temperatura normal, colocar la plancha de bronce y el molde, con el espécimen, en el baño de agua y mantener a temperatura especificada por un periodo de 85 a 95 minutos. Luego quite la briqueta de la plancha, separe los trozos laterales, e inmediatamente ensaye la briqueta; ajuste los anillos de cada extremo de los sujetadores a los broches de la máquina de prueba y estire los dos sujetadores separadamente a una velocidad uniforme como lo especificado hasta la ruptura de la briqueta.

Mida la distancia en centímetros a través de la cual se han estirado los sujetadores produciendo la ruptura. Mientras la prueba se realiza, el agua del tanque de la máquina de prueba cubrirá el espécimen por arriba y abajo por lo menos 2,5 cm; si el material bituminoso entra en contacto con la superficie del agua o el fondo del baño, la prueba no será considerada normal.

Finalmente los resultados se expresaran en cm que se han separado desde su posición inicial hasta que se produce la rotura en un ensayo normal, es el valor de la ductilidad de una probeta, además, reportar el promedio de tres pruebas normales como la ductilidad de la muestra, especificando las condiciones de velocidad y temperatura a las que se haya realizado el ensayo.

Solubilidad en tricloro, etileno, % (MTC E 302)

Dentro de los equipos tenemos la estufa que pueda mantener la temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$; balanza Analítica de acuerdo con la especificación AASHTO M 231; disolvente Tricloroetileno; aparato filtrante ilustrado en la siguiente figura.

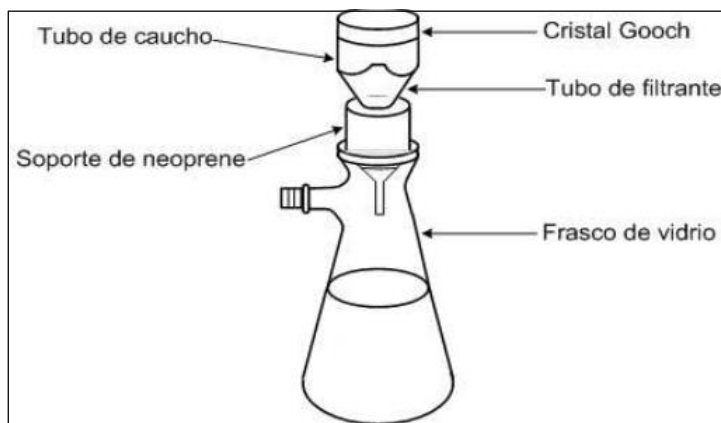


Figura 47: Aparato filtrante para la solubilidad en tricloro

Fuente: MTC E302

Para el procedimiento si la muestra no es líquida, caliéntese a cualquier temperatura conveniente, pero en ningún caso mayor de $111 \text{ }^\circ\text{C}$ por encima del punto de ablandamiento; colocar el crisol gooch más una capa del filtro de fibra de vidrio en un horno a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ por 15 min. Dejar que enfríe en un desecador y luego determine el peso lo más próximo a 1mg. Designar este peso como “A”; transfiera aproximadamente 2 g de la muestra a un frasco Erlenmeyer de 125 ml. Dejar que la muestra se enfríe a temperatura ambiente y luego determine la masa lo más cercano a 1 mg. Designe este peso como “B”; añadir 100 ml de tricloroetileno al recipiente en porciones pequeñas con agitación continua hasta desaparecer todos los grumos y disolver las muestras adheridas al recipiente. Tapar el frasco y coloque aparte por lo menos 15 min; colocar el crisol gooch previamente preparado y pesado en el tubo de filtración. Mojar el filtro de fibra de vidrio con porciones pequeñas de

tricloroetileno y decantar la solución a través del filtro de fibra de vidrio del crisol gooch; cuando el material insoluble es apreciable conservar en el recipiente tanto como sea posible hasta que la solución haya drenado a través del filtro; lavar el recipiente con una cantidad pequeña de solvente, utilizando un chorro de solvente desde una botella de lavado, transferir todo el material insoluble al crisol. Utilice una varilla si es necesario para remover cualquier material insoluble adherido al recipiente; remover el crisol del tubo, lavar la parte inferior libre de cualquier sustancia disuelta, y colocar el crisol en la parte superior de un horno o en un baño de vapor hasta que todo el olor del tricloroetileno se haya quitado; colocar el crisol en un horno a 110 ± 5 °C por no menos de 20 min. Enfriar el crisol en un desecador por 30 ± 5 min. Y determine este peso lo más próximo a 0.1mg. Repita secando y pesando hasta que el peso constante (0,3 mg) sea obtenido. Designe este peso como “C”.

Para los resultados el porcentaje de la muestra soluble en el solvente usado es como sigue:

Ecuación 19: Solubilidad

$$\% \text{ Soluble} = [B - (C - A) / B] \times 100$$

Dónde:

A = Peso del crisol y filtro.

B = Peso de la muestra

C = Peso del crisol, filtro y material insoluble.

Ensayo de la Mancha (Oliensies) (MTC E 314).

Dentro de los equipos tenemos frasco de capacidad de 50 ml, cualquier modelo Florencia o boca ancha de fondo liso, aproximadamente de 45 mm de diámetro con 60 mm de altura; tapón de corcho para frasco provisto con 200 mm de tubería de

vidrio de 6,4 mm; papel filtro Whatman N°50; placa de vidrio lisa, debe ser primero limpiada con bencina o tetracloruro de carbono, luego lavada con jabón y agua, secada, y limpiada con un limpiador de vidrios adecuado; pipeta o bureta con graduaciones de 0,1 ml; termómetro de precisión según ASTM 64; balanza debe tener suficiente capacidad y ser conforme a la especificación M 231; nafta estándar será de un destilado alto directo, libre de productos craqueados de cualquier tipo y cumplirá los requerimientos indicados en la siguiente tabla.

Tabla 34: Especificación de la Nafta

Gravedad A.P.I.	49-50
Destilación:	
<i>Punto de ebullición inicial</i>	Sobre 149°C
<i>50% encima</i>	160 – 179°C
<i>Punto final</i>	Debajo de 210°C
<i>Número anilina</i>	59 a 63°C

Fuente: (MTC E 314)

Heptano normal: Debe cumplir con los requerimientos indicados en la presente tabla.

Tabla 35: Especificación del Heptano

ASTM Número de motor octano	0,0 ±0,2
Densidad a 20°C, g/ml	0,68375 ± 0,00015
Índice de refracción, N_D a 20°C	0,68375 ± 0,00015
Punto de congelamiento, °C	-90,72 mínimo
Destilación:	
<i>50% recuperado</i>	98,43 ± 0,05
<i>Incremento de 20 a 80% recuperado</i>	0,20 máximo

Fuente: (MTC E 314)

En el procedimiento primero la muestra de $2,00 \pm 0,02$ g se colocará en el frasco. Si es que ésta no fluye rápidamente a temperatura ambiente, se calentará cuidadosamente el frasco hasta que la muestra pueda ser extendida en una película delgada que cubra el fondo de la parte inferior del frasco la cual luego se enfriará a temperatura ambiente; con la pipeta o bureta, colocar en el frasco 10,2 ml del solvente especificado. Coloque rápidamente dentro del cuello del frasco el tapón de corcho con sus 200 mm de longitud y enroscar con un rápido movimiento circular en cinco segundos. El frasco será sumergido luego hasta su cuello en un baño de agua de suave ebullición por 55 segundos; el frasco debe ser removido del baño y removido por cinco segundos, y cada minuto después de esto el frasco debe estar inmerso alternadamente por 55 segundos y remover y alternadamente por cinco segundos hasta lograr la dispersión completa; después de completada la dispersión, el extremo del tubo de vidrio deberá ser sumergido bajo el nivel de la solución y el frasco dejado para que se enfríe por 30 minutos a temperatura ambiente; la mezcla de solvente y asfalto luego será calentada por 15 minutos en un baño de agua mantenido a una temperatura de $32,0^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. La mezcla de solvente y asfalto será batida completamente y por medio de una barra removedora limpia se colocará una gota de la mezcla tibia en el papel de filtro Whatman N° 50. Después de cinco minutos la mancha debe ser examinada en toda su área con el plano del papel aproximadamente en ángulo recto a la línea de visión con una buena fuente de luz (preferentemente a la luz del día) situada a espaldas del observador; si la gota forma una mancha redonda marrón o marrón-amarillento de, con un sólido oscuro o núcleo anular en el centro, la prueba se informará como positivo; sin embargo si la gota forma una mancha circular marrón uniforme, el juicio debe reservarse y la

mezcla del solvente y asfalto se apartará en un frasco fuertemente tapado a la temperatura ambiente en un lugar aparte, para que repose 24 horas después de la primera examinación. La mezcla calentada a $32,0^{\circ} \pm 0,5^{\circ} \text{C}$ por 15 minutos como antes, deberá entonces ser sacudida vigorosamente hasta que se uniformice para luego nuevamente colocar una gota en el papel filtro. Si la gota proveniente de la mezcla que reposó por 24 horas aún forma una mancha circular marrón no uniforme, entonces el resultado será reportada como “negativa” pero si un núcleo anular o sólido oscuro, como se describió en el párrafo precedente, se forma en el centro de la mancha, la prueba debe reportarse como “positivo”.

Los resultados se expresarán como negativo o positivo.

Pruebas sobre la película delgada a 163 °c, 3.2mm, 5h.

Pérdida de masa, % (MTC E 315).

En los equipos tenemos horno deberá ser calentado eléctricamente, para ser operado a temperaturas de hasta 180 °C; bandeja Rotatoria el horno estará provisto con una bandeja circular de metal con un diámetro mínimo de 250 mm y un máximo diámetro de 450 mm. La bandeja será tal que provea una superficie plana para el soporte de los contenedores de muestra sin bloquear la circulación del aire a través de la bandeja cuando los contenedores estén colocados; termómetro para determinar la temperatura de ensayo se necesita un termómetro de pérdida en calor con un rango de 155 a 170 °C; contenedor una bandeja de 140 mm de diámetro interior y 9,5 mm de profundidad con la base plana. Una muestra de 55 milímetros en este contenedor da un espesor de película de aproximadamente 3,2 mm. Las bandejas deben ser hechas de acero inoxidable y tendrán un espesor de 0,64 mm.

Para el procedimiento colocar suficiente material para el ensayo en un recipiente y calentarlo a una condición fluida. Se debe tener extremo cuidado de tal forma que no haya excesivo sobrecalentamiento y que la temperatura más alta que se alcance no sea más de 150 °C; batir la muestra durante el período de calentamiento evitando incorporar burbujas de aire. Pesar $50 \pm 0,5$ g dentro de dos o más contenedores para el ensayo tarados; verter una porción de la muestra dentro de los contenedores especificados para medir las propiedades originales del asfalto. Enfriar las muestras a temperatura ambiente y pese cada muestra separadamente con aproximación de 0,001 g; nivelar el horno de tal forma que el horno rote en un plano horizontal. La máxima desviación durante la rotación será no más de 3°C respecto a la horizontal. ; colocar un contenedor vacío en cada una de las posiciones predeterminadas de la bandeja rotativa. Ajustar el control del control de temperatura de tal forma que el termómetro especificado lea 163 ± 1 °C cuando se equilibre; con el horno precalentado y ajustado, rápidamente coloque las muestras de asfalto en las posiciones predeterminadas de la bandeja circular. Llene cualquier posición vacía con contenedores vacíos, de tal forma que cada posición para contenedores esté ocupada; cierre la puerta del horno y empiece a rotar la bandeja. Mantenga el rango especificado de temperatura por 5 horas después que la muestra haya sido introducida y el horno alcance otra vez dicha temperatura. El período de 5 horas empezará cuando la temperatura alcance 162 °C.

Al concluir el período de calentamiento, remover las muestras del horno. Enfriar a temperatura ambiente, pesar con aproximación de 0,001 g y calcular el cambio de masa en función del asfalto en cada contenedor.

Reportar el promedio de cambio de masa del material en todos los contenedores como el porcentaje de la masa del material original. Una pérdida de masa debe reportarse como un número negativo mientras que la ganancia de ésta será reportada como un número positivo.

Gradación para mezcla asfáltica en caliente MAC.

Para la presente investigación se decidió elegir el tipo de mezcla MAC-2, es usada mayormente en carpetas de rodadura, asimismo es una mezcla para agregados densa. La combinación de agregados deberá estar dentro los límites establecidos en la tabla 423-03 del Manual de Carreteras del MTC.

Tabla 36: *Tipo de combinaciones para los agregados*

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 µm (N°40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N°80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N°200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de Carreteras EG 2013

Se establecen los porcentajes de agregados que pasan en los tamices del análisis granulométrico, de acuerdo a los cuales se define el tipo de gradación.

Diseño Marshall.

La investigación seguirá los procedimientos seguidos en la Resistencia de Mezclas Bituminosas empleado el Aparato Marshall, el cual se encuentra en la norma MTC E 504 (Manual de Carreteras, EG 2013).

Dentro de los equipos Molde ensamblado para Especímenes consiste en un molde cilíndrico con un collar de extensión y una placa de base plana. El molde deberá tener un diámetro interior de 101.6 mm (4") y una altura interna aproximada de 76.2 mm (3"); la placa de base y el collar de extensión deberán ser intercambiables, es decir ajustables en cualquiera de los dos extremos del molde. Se recomienda disponer de tres (3) moldes.

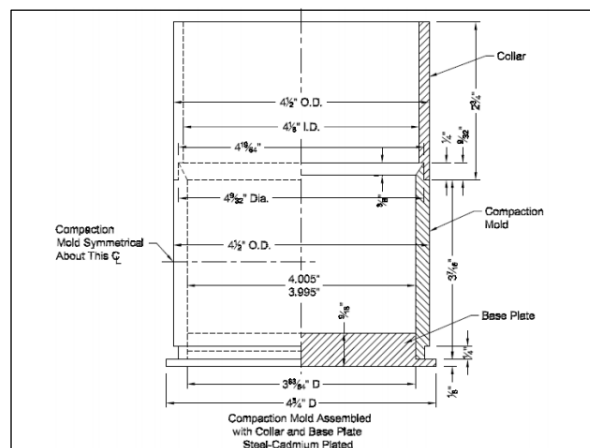


Figura 48: Moldes para ensayo Marshall

Fuente: MTC E504

Extractor de espécimen: Elemento de acero en forma de disco que encajara en el molde sin doblarse y no será menor de 100 mm (3.95") de diámetro y 12.7 mm (1/2") de espesor, utilizado para extraer la probeta compactada del molde, con la ayuda del collar de extensión. Cualquier dispositivo adecuado de extracción tal como una gata hidráulica puede ser empleado, de tal manera que el espécimen no se deforme durante el proceso de extracción.

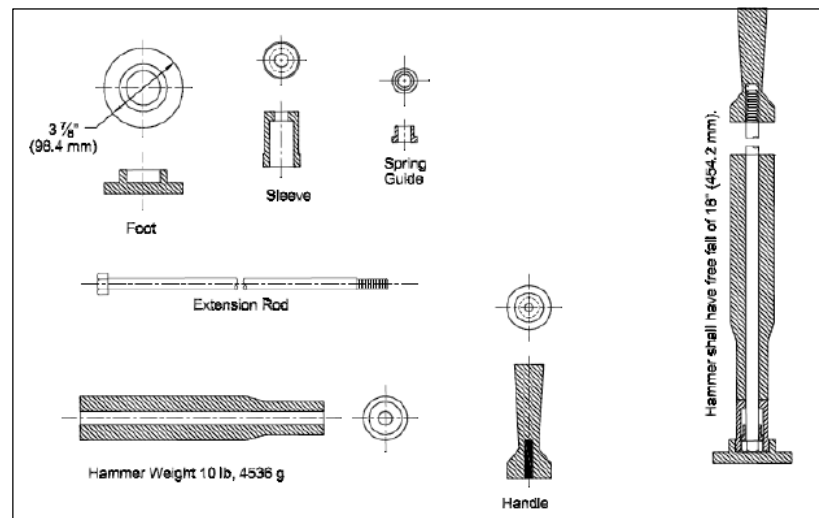


Figura 49: Martillo de compactación

Fuente: Manual de Ensayos de materiales MTC E 504

Pedestal de Compactación: Consiste en un poste de madera de 203,2 por 203,2 mm, aproximadamente de 457 mm de largo cubierto con una placa de acero aproximadamente de 304,8 mm por 304,8 mm y 25,4 mm de grosor. El poste de madera estará asegurado por pernos a través de 4 ángulos a un bloque de concreto. La placa de acero deberá estar firmemente fijada al poste. El pedestal ensamblado será instalado de tal manera que el poste esté a plomo y la placa nivelada.

- **Sostén de Molde para espécimen:** En compactadores de martillo simple, el sostén estará montado sobre el pedestal de compactación de tal manera que el molde de compactación quede centrado con el pedestal de compactación. Los sostenedores mantendrán el molde de compactación, el collar y la placa de base asegurados y en posición durante la compactación del espécimen.
- **Hornos, cacerolas para calentado o placas calentadoras:** Los hornos serán de aire circulante o termostáticamente controlados, las cacerolas de calentamiento y las placas calentadoras serán proveídos para calentar los agregados, el material

bituminoso, los moldes de especímenes, martillos de compactación y otros equipos.

- **Contenedores para calentamiento de agregado:** Bandejas de metal de fondo plano, u otros adecuados.
- **Herramientas de mezclado:** Consiste en cucharones de acero (cucharón de punta Mason con la punta redondeada), cucharas o espátulas para batido y mezclado a mano.
- **Termómetro calibrado:** Para determinar temperaturas de agregados, bitumen y mezclas bituminosas. Termómetros del tipo de vidrio o de dial con armazones de metal se recomiendan. Se requieren en un rango de 10 a 200 °C con sensibilidad de 3°C.
- **Balanza:** Con aproximación al menos de 0,1 g para las bachadas de mezcla.
- **Guantes:** Para maniobrar el equipo caliente.
- **Cabezal de Ruptura:** Consiste en dos segmentos cilíndricos, con un radio de curvatura interior de 50.8 mm (2'') finamente acabado. El segmento inferior, que terminará en una base plana.

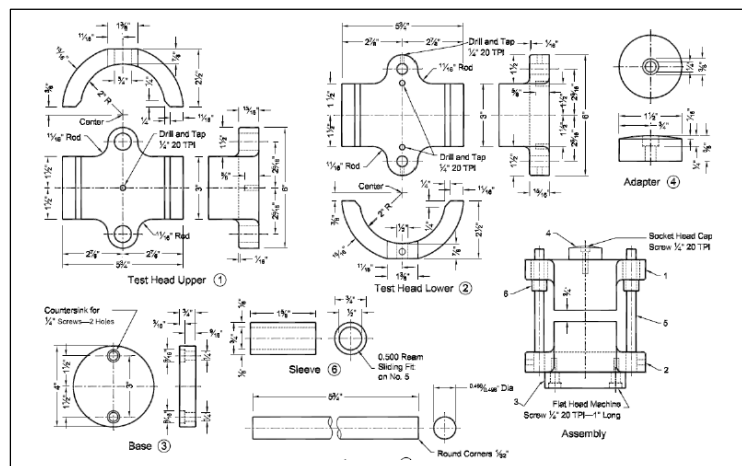


Figura 50: Martillo de compactación

Fuente: MTC E504

- **Máquina de Carga a Compresión:** Para la rotura de los especímenes se usará una prensa mecánica con una velocidad uniforme de desplazamiento de 50.8 mm por minuto.

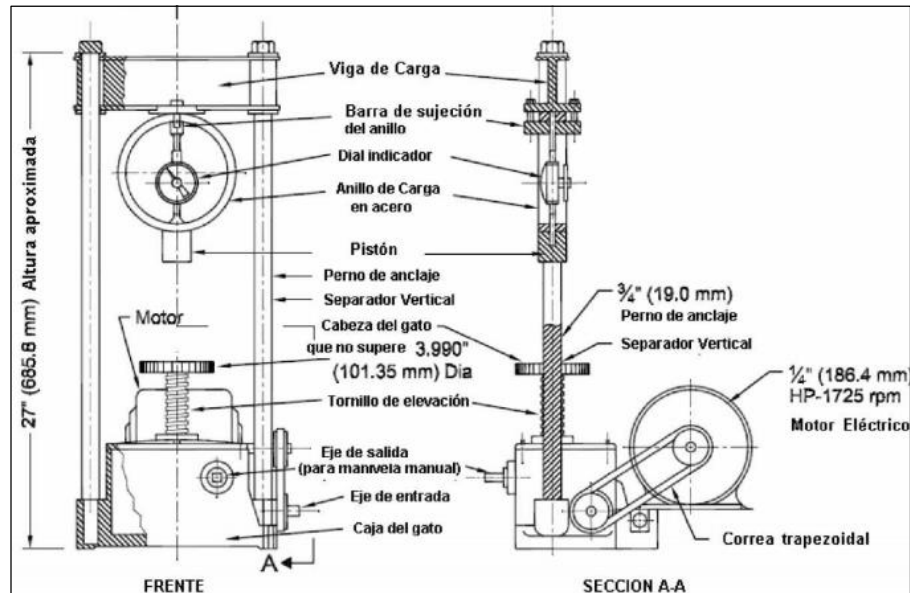


Figura 51: Máquina de carga a compresión

Fuente: MTC E 504.

- **Medidor de Flujo:** Consiste en un deformímetro de lectura final fija y dividido en centésimas de milímetro, firmemente sujeto al segmento superior y cuyo vástago se apoyará, cuando se realiza el ensayo.
- **Baño María:** Con precisión de $\pm 1^\circ\text{C}$.

Preparación de especímenes convencionales.

Para una gradación convencional de los agregados se prepara como mínimo tres espécimen para cada contenido de asfalto (con incrementos de 0.5% en peso entre ellos), de tal manera que los resultados se puedan graficar en curvas que indiquen un valor “óptimo” definido, se obtiene de las curvas del peso unitario, vacíos de aire y estabilidad. Se elabora un diseño con cinco contenidos de asfalto, necesitará entonces por lo menos quince (15) espécimen. Para cada probeta se necesitan

aproximadamente 1.2 kg de agregados. Se requiere, además, una cantidad extra de material para análisis granulométricos y determinación de pesos específicos.

Los agregados se secarán hasta peso constante entre 105 y 110 °C.

La temperatura a la cual se calentará los productos serán detallados más adelante.

En contenedores tarados separados para cada muestra, se pesarán sucesivamente las cantidades de cada porción de agregados, previamente calculadas de acuerdo con la gradación necesaria para la fabricación de cada probeta. Se calentarán los agregados en una plancha de calentamiento o en el horno a una temperatura de 28°C por encima de la temperatura de compactación.



Figura 52: Peso de los agregados

Fuente: Elaboración propia.

Se mezclan en seco los agregados y se forma a continuación un cráter en su centro, se añade la cantidad requerida de asfalto, debiendo estar ambos materiales en ese instante a temperaturas comprendidas dentro de los límites establecidos para el proceso de mezcla.



Figura 53: Vaciado de material asfáltico

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se mezclan los materiales lo más rápido posible hasta obtener una mezcla completa y homogénea.



Figura 54: Mezcla de los agregados con el cemento asfáltico

Fuente: Elaboración propia.

Para la compactación de los especímenes juntamente con la preparación de la mezcla, el conjunto de collar, placa de base y la cara del martillo de compactación, se limpian y calientan en un baño de agua a una temperatura entre 90 y 150°C. Se monta el conjunto de compactación en la base y se sujeta rígidamente mediante el soporte de fijación. Se coloca un papel de filtro en el fondo del molde antes de colocar la mezcla. Colocar toda la mezcla recién fabricada en el molde, golpear vigorosamente con una espátula, 15 veces alrededor del perímetro y 10 sobre el interior.



Figura 55: Vaciado de material al molde.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 56: Chuseada con espátula a la mezcla

Fuente: Elaboración propia.

Luego colocar el conjunto en el soporte y sobre el pedestal de compactación. Aplicar 35, 50 o 75 golpes, de acuerdo con el tránsito de diseño (para esta investigación se optó por un tránsito alto, para lo cual corresponde 75 golpes), empleando para el martillo de compactación una caída libre de 457 mm (18"). Mantener el eje del martillo perpendicular a la base del molde durante la compactación. Retirar la placa de base y el collar e invertir, volver a montar el molde, y aplicar el mismo número de golpes a la cara invertida de la muestra.



Figura 57: Cambio de base opuesta del molde para la compactación

Fuente: Elaboración propia.



Figura 58: Compactando la mezcla para elaboración del espécimen.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente después de la compactación, retirar la base y dejar enfriar la muestra al aire hasta que no se produzca ninguna deformación cuando se la saque del molde. Sacar la muestra del molde por medio de un gato u otro dispositivo apropiado, luego colocar en una superficie plana y lisa. Generalmente se dejan enfriar las muestras durante la noche.



Figura 59: Retirado de muestra con gata hidráulica

Fuente: Elaboración propia.

Determinación de temperaturas de mezcla y compactación.

El cemento asfáltico empleado en preparar las muestras será calentado para producir viscosidades de $0,17 \pm 0,02$ Pa.s y $0,28 \pm 0,03$ Pa.s para mezclado y compactado respectivamente.

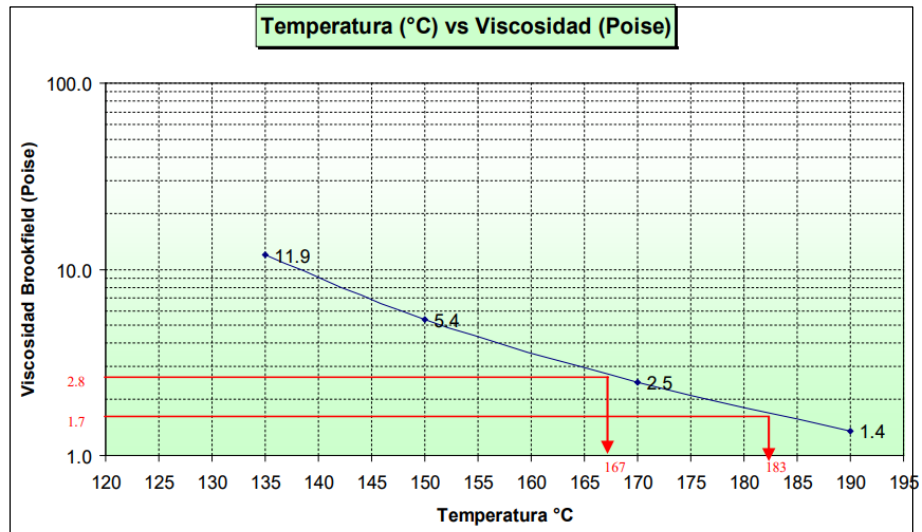


Figura 60: Carta de viscosidad

Fuente: ASTM D 2493

Ensayo de Estabilidad y Flujo.

Se ensayarán un mínimo de 03 especímenes que tendrán el mismo tipo de agregado, calidad y gradación, el mismo tipo y cantidad de filler, y la misma fuente de ligante, grado y cantidad. Además, tendrán la misma preparación: temperatura, compactación y enfriamiento. Los especímenes deberán enfriarse a temperatura ambiente después de la compactación. Durante el enfriamiento serán colocados sobre una superficie suave y plana. Se determinará el peso específico bulk de cada espécimen.

Los especímenes podrán acondicionarse para su ensayo tan pronto alcancen la temperatura ambiente. Los ensayos se completarán dentro de las 24 h de haberse compactado los especímenes. Llevar los especímenes a la temperatura especificada por inmersión en agua de 30 a 40 min. O colocarlos en horno de 120 a 130 min. Mantener el baño u horno a 60 ± 1 °C para cemento asfáltico.



Figura 61: Muestras colocadas en agua a 60°C

Fuente: Elaboración propia.

Limpiar completamente las líneas guías y el interior de las superficies del cabezal antes de ejecutar el ensayo. Lubricar las líneas guías de tal manera que el segmento superior del cabezal se deslice libremente sobre ellas. El cabezal deberá estar a temperatura de 20 a 40 °C. Si se emplea el baño de agua, limpiar el exceso de agua del interior de los segmentos del cabezal.

Remover un espécimen del agua, horno o baño de aire (en caso del baño de agua remover el exceso con una toalla) y colocarlo en el segmento inferior del cabezal. Colocar el segmento superior sobre el espécimen y colocar el conjunto completo en la máquina de carga. Si se usa, colocar el flujómetro en posición sobre una de las líneas guías y ajustarlo acero mientras se sostiene firmemente contra el segmento superior del cabezal mientras el ensayo se está ejecutando. El tiempo desde la remoción del espécimen del baño a la determinación de la carga máxima no debe exceder los 30 segundos. Aplicar la carga al espécimen por medio de una razón constante de 50 mm/min. Hasta que la carga decrezca según lo indique el dial de

carga. Registrar la máxima carga indicada en la máquina de carga. Liberar el flujómetro o anotar la lectura del dial micrómetro en el instante en que la máxima carga empieza a decrecer. El valor del flujo normalmente se da en unidades de 0,25 mm. Este procedimiento pueda que requiera de dos personas para conducir el ensayo y registrar los datos.



Figura 62: Ensayo de estabilidad y flujo en el Laboratorio de la UPN

Fuente: Elaboración propia.



Figura 63: Ensayo de estabilidad y flujo en el Laboratorio de Chiclayo

Fuente: Elaboración propia.

Se calcula el promedio de las estabilidades corregidas y flujos de las muestras para un mismo contenido de asfalto y preparar las siguientes gráficas:

- Estabilidad vs. Contenido de asfalto.
- Flujo vs. Contenido de asfalto.
- Peso unitario de la mezcla total vs. Contenido de asfalto.
- Porcentaje de vacíos de aire (Va) vs. Contenido de asfalto.
- Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA) vs. Contenido de asfalto.

Finalmente, de las gráficas se obtiene el contenido óptimo de asfalto para el diseño de mezcla asfáltica en caliente, lo cual, haciendo su respectivo análisis, deberá cumplir con los requisitos para mezcla de concreto asfáltico según la Tabla 423-06, del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013).

Tabla 37: Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

Parámetro de diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8.15 kN	5.44 kN	4.53 kN
3. Flujo 0.01'' (0.25mm)	8 - 14	8 - 16	8 - 20
4. Porcentaje de vacíos con aire	3 - 5	3 - 5	3 - 5
5. Vacíos en el agregado mineral	14	14	14
Relación Polvo-asfalto	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm)	1,700 - 4,000		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se establecen los valores requeridos de acuerdo a los parámetros necesarios para una mezcla asfáltica según su clase.

Elaboración de mezcla asfáltica semicaliente con zeolita natural mediante proceso seco.

Esta elaboración se desarrolla con la finalidad de evaluar la influencia de la zeolita natural como filler al adicionarse como un reemplazo de la cal en la elaboración de las mezclas asfálticas en semicaliente. El método de aplicación de la zeolita natural a la mezcla asfáltica es mediante la vía seca, siendo ésta la más convencional, desarrollada en países Europeos. Para su mezclado se utilizará la misma gradación que el convencional, MAC -2. La granulometría de los agregados se modificó con tres porcentajes de zeolita, el 0.5%, 1% y 1.5% del peso total de los agregados. Para los ensayos de la zeolita natural como filler será reemplazado del 2% de cal.

Para la preparación de la mezcla asfáltica semicaliente los agregados fueron secados a peso constante a una temperatura de 105 – 110 °C.

El cemento asfáltico fue calentado a una temperatura de 100 °C, el cual se midió con un termómetro de un rango de 0 - 250 °C con sensibilidad de 3 °C.

Posteriormente los agregados fueron mezclados con el asfalto, se realizó a una temperatura de 100 °C, la balanza que se utiliza tiene una aproximación de 0.1 g.

El molde ensamblado y la cara del martillo de compactación se calentó a baño maría a temperatura entre 90 - 150 °C, para la compactación de los especímenes, antes de ser usados los equipos se procedieron a limpiar, asimismo se colocó un papel circular no absorbente cortado del tamaño de la base del molde antes de introducirse la mezcla, luego de colocar la mezcla en el molde se chuseó con una espátula previamente calentada, 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces en el interior, después de terminado se coloca la otra pieza del papel en la parte superior de la mezcla y se mide la temperatura antes de ser compactada.

Posteriormente se procede con la compactación de 75 golpes con el martillo y después se remueve la placa de base y el collar para girar la muestra y se ensambla el molde para aplicar el mismo número de golpes en la cara reversa del espécimen. El martillo de compactación tendrá un pie de compactación plano con un tornillo y una masa deslizante de 4.54 ± 0.01 kg con caída libre de 457.2 ± 1.5 mm y pedestal de compactación consistirá de un poste de madera (pino amarillo u otro) de 203.2 mm x 203.2 mm y de 457 mm de largo.

Después de haber compactado los especímenes se enfrían al medio ambiente para prevenir algún daño, posteriormente se extrae el espécimen con una gata hidráulica, el disco de acero que encaja el molde no será menor de 10 mm de diámetro y de 12.5 mm de espesor, de tal manera que el espécimen no se deforme durante el proceso de extracción.



Figura 64: Probetas con porcentajes de zeolitas

Fuente: elaboración propia.

A cada espécimen se determinará el peso específico BULK como se indica en la MTC E 514 (peso aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficies secas). El peso en el aire del espécimen completamente seco se determina después de que haya permanecido al aire por al menos 1 hr y el peso del espécimen en agua se sumerge a 25 °C de 3 a 5 min para luego pesarse en el agua. El peso en el aire del espécimen saturado con superficie seca se determina al secar rápidamente la superficie del espécimen con una toalla húmeda y pesa en el aire.



Figura 65: Peso específico BULK

Fuente: elaboración propia.

En el ensayo de estabilidad y flujo se ensayan para 03 especímenes que tienen el mismo tipo de agregado, calidad, gradación, filler, la misma fuente de ligante, grado y cantidad, tiene la misma preparación de temperatura, compactación y enfriamiento. Los especímenes se colocan en baño de agua a 60 ± 1 °C durante 30 a 40 min.



Figura 66: Ensayo de Estabilidad y flujo en la Máquina de Marshall

Fuente: elaboración propia.

Para el ensayo en la máquina de carga, el cabezal se calentó en horno a 20 – 40 °C, luego el tiempo desde la remoción del espécimen del baño de agua a la determinación de la carga máxima no debe exceder los 30 s a una razón constante de 50 mm/min hasta registrar la máxima carga y flujo indicado en la máquina de carga. Mediante la norma MTC E 508 se determinó el cálculo de vacíos de aire en mezcla compactada y cálculo de la cantidad de asfalto absorbido para el agregado, todo ello para determinar el peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas (RAICE).

Cada muestra de mezcla asfáltica es enfriada hasta temperatura ambiente, luego se coloca en un recipiente y se pesa, enseguida se agrega agua suficiente de 25 °C de temperatura aproximadamente para cubrir la muestra. Seguidamente se procede a la remoción de aire atrapado de 30 mm de Hg (4 kpa) o menor depresión absoluta, durante un periodo de 5 a 15 min.



Figura 67: Ensayo para hallar el vacíos de aire en mezcla compactada

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Selección de la Cantera

Se extrajeron los agregados pétreos para los ensayos y para la elaboración de las mezclas asfálticas, de la Cantera San Pedro, ubicada en el Km 411 de la Panamericana Norte. La cantera tiene como principales productos al: Hormigón, Piedra chancada $\frac{3}{4}$ ", Piedra chancada $\frac{1}{2}$ ", Arena Gruesa, Arena Fina, Gravilla, Confitillo y Afirmado. Para la selección de la cantera San Pedro, se realizó en base a su disposición de transporte y extracción, además cuenta con personal calificado y la maquinaria necesaria para la extracción de material.

3.2. Características de los agregados pétreos.

3.2.1. Ensayo para el agregado Grueso

- Análisis granulométrico.

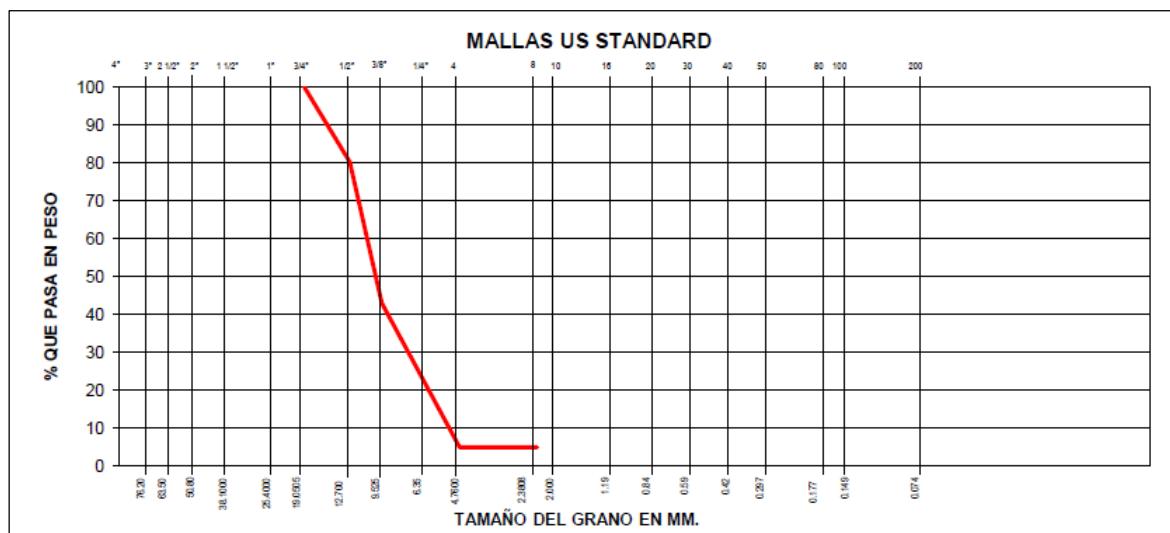


Figura 68: Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: elaboración propia.

- Absorción

Tabla 38: Porcentaje de absorción

A: Peso material saturado superficialmente seca (en aire) (gr)	1,792	1,526	
B: Peso material saturado superficialmente seca (en agua) (gr)	1153	981	
C: Volumen de masa + volumen de vacíos= A-B (gr)	639	545	
D: Peso material seco en estufa (106°C) (gr)	1,781	1,517	Promedio
Pe bulk (Base seca) = D/C	2,787	2,783	2,785
Pe bulk (Base saturada) = A/C	2,804	2,800	2.802
% de Absorción = [(A-D)/D]*100	0.62%	0.59%	0.61%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de absorción del agregado grueso.

- Durabilidad (al Sulfato de Magnesio).

Tabla 39: Durabilidad

Pasa el tamiz	Retenido en tamiz	Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo	Pérdida corregida %
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	3/8"	25.70	675.00	658.00	0.65
3/8"	N°4	25.70	305.00	272.60	2.73
<	N°4	48.50	305.00	275.10	4.76
TOTALES					8.14%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de durabilidad del agregado grueso. Teniendo un resultado de 8.14%.

- Ensayo de Abrasión (Máquina de los Ángeles).

Tabla 40: Ensayo de Abrasión

Datos	
GRADACION	"B"
Peso inicial (gr)	5,000.0
Peso después de ensayo (gr)	512.0
Número de esferas	11.0
% Desgaste	10.2%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de Abrasión del agregado grueso. Teniendo un resultado de 10.2%.

- **Índice de Durabilidad.**

Tabla 41: *Índice de durabilidad*

Datos			
N°de ensayo	1	2	Promedio
Altura máxima de material fino	1.86	1.87	
Índice de Durabilidad	49.5%	49.8%	49.7%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de índice de durabilidad del agregado grueso. Teniendo un resultado de 49.7%.

- **Partículas chatas y alargadas.**

Tabla 42: *Partículas chatas*

Datos						
Tamaño del agregado		Pesos (gr)		Porcentaje de las chatas	Porcentaje parcial	Promedio de partículas chatas
Pasa tamiz	Retiene tamiz	Muestra total	Partículas chatas			
3/4"	1/2"	1,150.00	55.00	4.80%	36.50%	174.60
1/2"	3/8"	2,000.00	75.00	3.80%	63.50%	238.10
Total		3150.00	309.90		100.00	4.1%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de índice de partículas chatas de los agregados. Teniendo un resultado de 4.1%

Tabla 43: *Partículas alargadas*

Datos						
Tamaño del agregado		Pesos (gr)		Porcentaje de las chatas	Porcentaje parcial	Promedio de partículas alargadas
Pasa tamiz	Retiene tamiz	Muestra total	Partículas alargadas			
3/4"	1/2"	1,150.00	59.00	5.13%	36.50%	187.30
1/2"	3/8"	2,000.00	79.00	3.95%	63.50%	250.80
Total		3150.00	339.00			4.4%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de partículas alargadas de los agregados. Teniendo un resultado de 4.4%.

- **Caras fracturadas.**

Tabla 44: *Caras fracturadas*

Tamaño del agregado		Muestra total (gr)	Caras fracturadas	Porcentaje de caras fracturadas	Porcentaje parcial	Promedio de caras fracturadas
Pasa el tamiz	Retenido en tamiz					
3/4"	1/2"	1,150.00	1,054.00	91.65%	36.40%	3,340.00
1/2"	3/8"	2,006.00	1,849.00	92.17%	63.60%	5,859.00
Totales		3,156.00				92.00%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de caras fracturadas de los agregados. Teniendo un resultado de 92%.

Tabla 45: *Caras fracturadas*

Tamaño del agregado		Muestra total (gr)	Caras fracturadas	Porcentaje de caras fracturadas	Porcentaje parcial	Promedio de caras fracturadas
Pasa el tamiz	Retenido en tamiz					
3/4"	1/2"	1,150.00	1,142.00	99,30%	36.00%	3,619.00
1/2"	3/8"	2,006.00	1,994.00	99,40%	63.60%	6,318.00
Totales		3,156.00				99,40%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de caras fracturadas de los agregados. Teniendo un resultado de 99.40%.

- **Contenido Sales solubles totales.**

Tabla 46: *Sales solubles*

Datos		
Muestra	1	2
Peso tarro (gr)	91.34	106.42
Peso tarro + agua + sal	136.57	156.42
Peso tarro seco + sal	91.36	106.44
Peso de sal	0.02	0.02
Peso de agua	45.23	50.00
Porcentaje de sal	0.03%	0.04%
Promedio	0.04%	

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de sales solubles de los agregados. Teniendo un resultado de 0.04%.

3.2.2. Agregado Fino

- Análisis granulométrico.

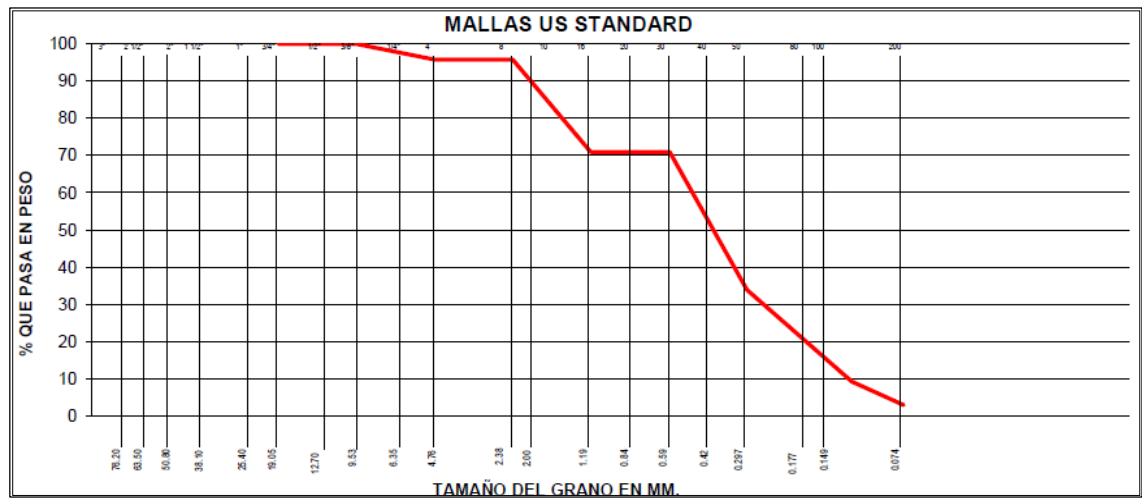


Figura 69: Análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia.

- Absorción

Tabla 47: Porcentaje de absorción

Datos			
A: Peso material saturado superficialmente seca (en aire) (gr)	300.0	300.0	
B: Peso frasco + agua (gr)	663.6	664.0	
C: Peso frasco + agua + A (gr)	963.6	964.0	
D: Peso material + agua en el frasco (gr)	853.5	853.9	
E: Volumen de masa + volumen de vacío (C-D) (gr)	110.0	110.1	
F: Peso de material seco en estufa (105 °C) (gr)	297.2	297.27	
G: Volumen de masa (E-(A-F))	107.3	107.4	Promedio
Pe bulk (Base seca) = F/E	2,699.0	2,700.0	2,700.0
Pe bulk (Base saturada) = A/E	2,725.	2,725.0	2,725.0
% de Absorción = [(A-F) / F]*100	0.94%	0.92%	0.93%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de absorción de los agregados finos. Teniendo un resultado de 0.93%.

- **Sales solubles totales**

Tabla 48: *Sales solubles totales*

Datos		
Muestra	1	2
Peso (Biker 100 ml)	57.42	68.36
Peso + sal + Biker 100 ml	98.98	118.36
Peso tarro seco + sal	57.43	68.38
Peso de Sal	0.01	0.02
Peso del agua	41.56	50.00
Sales Solubles	0.02%	0.04%
Promedio	0.03%	

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de sales solubles de los agregados finos.

Teniendo un resultado de 0.03%.

- **Equivalente de arena.**

Tabla 49: *Equivalente de arena*

Datos			
Muestra	1	2	3
Hora de entrada	08:15	08:17	08:19
Hora de salida	08:25	08:27	08:29
Hora de entrada	08:27	08:29	08:31
Hora de salida	08:47	08:49	08:51
Altura de nivel material fino (A)	4.5	4.6	4.6
Altura de nivel arena (B)	3.1	3.1	3.2
Equivalente de arena $[(B/A) \times 100]$	67.8%	67.4%	68.5%
Promedio	67.9%		

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de equivalente de arena de los agregados

finos. Teniendo un resultado de 67.9%.

- **Ángularidad del agregado fino.**

Tabla 50: Angularidad del agregado fino

Datos			
Muestra	1	2	3
Peso del agregado fino + molde (gr)	265.30	266.30	265.70
Peso del molde (gr)	108.70	108.70	108.70
Peso del agregado fino + molde (w)	156.60	157.60	157.00
Volumen del cilindro (v)	105.00	105.00	105.00
Gravedad específica del agregado fino (Gsb)	2.769	2.769	2.769
Vacios no compactados $[v-(w/Gsb)] / v$	46.1%	45.8%	46.0%
Promedio		46.0%	

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de angularidad de los agregados finos.

Teniendo un resultado de 46.0%.

- **Índice de plasticidad (Malla N° 40)**

Tabla 51: Límite líquido y plástico

Datos			
Límite líquido:	19.80%		
N° tarro	39	42	47
Tarro + suelo húmedo	33.66	36.20	34.86
Tarro + suelo seco	30.80	33.37	32.52
Agua	2.86	2.83	2.34
Peso del tarro	16.00	17.17	17.12
Peso del suelo seco	14.80	16.20	15.40
% Humedad	19.32	17.47	15.19
N° de golpes	15	24	31
Límite plástico:	-		
N° tarro	-	-	-
Tarro + suelo húmedo	-	-	-
Tarro + suelo seco	-	-	-
Agua	-	-	-
Peso del tarro	-	-	-
Peso del suelo seco	-	-	-
% Humedad	-	-	-
Índice de plasticidad:	NP		

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de índice de plasticidad de los agregados finos.

- % de humedad (Malla N° 40)

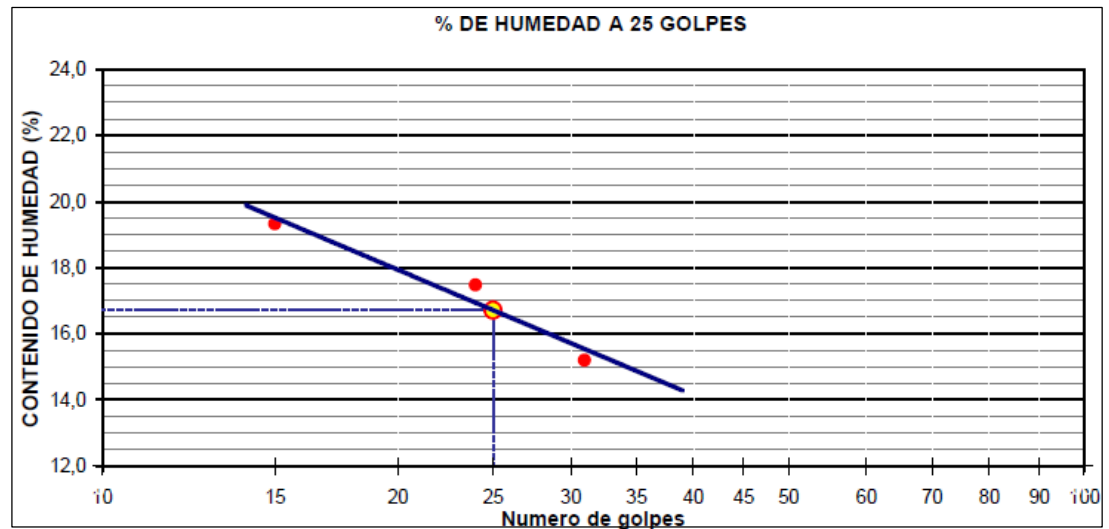


Figura 70: Porcentaje de humedad

Fuente: Elaboración propia

- Índice de plasticidad

Tabla 52: Índice de plasticidad

Datos			
Límite líquido:	19.00%		
N° tarro	16	17	13
Tarro + suelo húmedo	35.89	34.66	34.41
Tarro + suelo seco	32.51	31.61	31.68
Agua	3.38	3.05	2.73
Peso del tarro	16.89	16.06	15.97
Peso del suelo seco	15.62	15.55	15.71
% Humedad	21.64	19.61	17.38
N° de golpes	16	24	31
Límite plástico:	16.30%		
N° tarro	9	5	
Tarro + suelo húmedo	16.58	19.16	
Tarro + suelo seco	15.36	17.88	
Agua	1.22	1.28	
Peso del tarro	7.87	10.04	
Peso del suelo seco	7.49	7.84	
% Humedad	16.29%	16.33%	
Índice de plasticidad:	2,7%		

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de índice de plasticidad de los agregados finos.

Teniendo como resultado 2.7%.

- **% de humedad (Malla N° 200)**

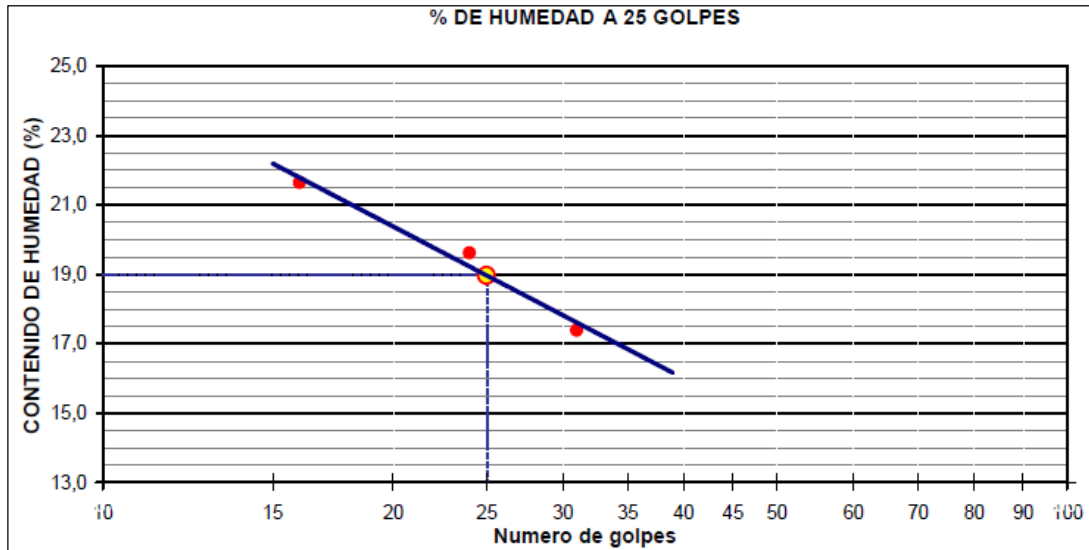


Figura 71: Porcentaje de humedad

Fuente: Elaboración propia

- **Índice de durabilidad.**

Tabla 53: Índice de durabilidad

Datos		
Muestra	1	2
Hora de entrada a saturación	09:39	09:41
Hora de salida de saturación (más 10')	9:49	09:51
Hora de entrada a decantación	9:51	09:53
Hora de salida de decantación (más 20')	10:11	10:13
Altura máxima de la arcilla (A)	5.38	5.35
Altura máxima de la arena (B)	3.00	3.10
Índice de Durabilidad $Df = [(B/A) \times 100]$	55.8%	57.9%
Promedio	56.9%	

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los valores obtenidos en el ensayo de índice de durabilidad de los agregados finos.

Teniendo como resultado 56.9%.

- **Análisis granulométrico de la Cal.**

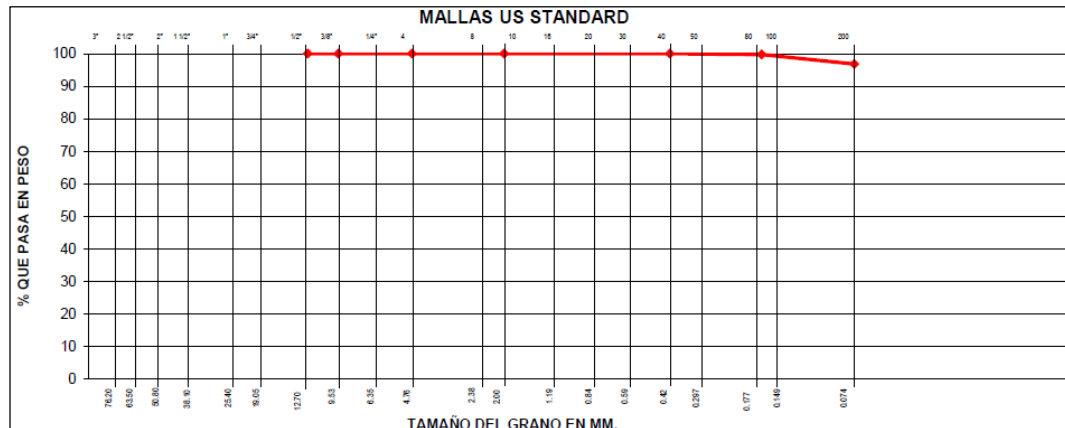


Figura 72: Análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia

3.3. Características del Cemento Asfáltico.

Para esta investigación se decidió usar un cemento asfáltico PEN 60-70 de acuerdo con las características de la zona y la temperatura. El cemento asfáltico fue suministrado por la empresa Repsol, se adjunta la ficha de especificación técnica del producto. Asimismo, se adjunta la ficha de seguridad en el Anexo G.



Cementos Asfálticos (NTP 321.051.2002)

ESPECIFICACIONES DE CEMENTOS ASFÁLTICOS

NOMBRE COMERCIAL	Métodos			CEMENTO ASFÁLTICO 40/50 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 60/70 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 85/100 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 120/150 RELAPASA	
	NTP / ASTM	AASHTO	Otros	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
PENETRACION											
Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm	D5	T49		40	50	60	70	85	100	120	150
DUCTILIDAD											
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51		100		100		100		100	
VOLATILIDAD											
Punto de Inflamación, °C	D92	T48		232		232		232		220	
Gravedad Específica a 15.6°C	D70	T228		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
FLUidez											
Punto de Ablandamiento, °C	D36			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D445			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D2170	T201		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
SOLUBILIDAD											
Solubilidad en tricloroetileno, %m	D2042	T44		99.0		99.0		99.0		99.0	
ENSAYOS DE PELÍCULA FINA 3.2 mm, 163°C, 5 horas											
Pérdida por calentamiento, %m	D1754	T179			0.8		0.8		1.0		1.3
Penetración retenida, 100g, 5s, 0.1 mm, % del original	D5	T49		58		54		50		46	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51				50		75		100	
OTROS											
Índice de Penetración			UNE 104-281	Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Ensayo de la Mancha (Spot Test) ⁹⁰³⁸⁻¹¹		T102		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	

NTP: Norma Técnica Peruana

ASTM: American Society for Testing Materials

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

3.4. Requisitos de la mezcla de áridos.

Sabiendo que los agregados (grueso y fino) cumplen con los requerimientos exigidos por el Manual de carreteras del MTC 2013 (Manual de Ensayos de Materiales), se procedió a realizar la mezcla de los materiales pétreos para que cumpla con la gradación específica.

Para este caso se usó la gradación tipo MAC-2, la cual tiene una granulometría densa que comúnmente es usada para carpetas de rodaduras.

Tabla 54: Requisitos de la mezcla de áridos

Tamiz	Diámetro (mm)	Agregados a intervenir				Especificación mac-2		
		Piedra Chancada (33%)	Arena Chancada (28%)	Arena Zarandeada (27%)	Arena Fina (10%)	Filler (2%)	Límite inferior	Límite superior
3/4"	19.0	100.00	100.00	100.0	100.00	100.00	100	100
1/2"	12.5	78.90	100.00	100.00	100.00	100.00	80	100
3/8"	9.5	41.60	100.00	100.00	100.00	100.00	70	88
n°4	4.75	4.70	91.00	98.10	100.00	100.00	51	68
n°10	2.0	0.80	45.90	72.80	99.70	100.00	38	52
n°40	0.425	0.00	17.60	29.20	56.70	100.00	17	28
n°80	0.180	0.00	10.2	12.00	9.10	99.70	8	17
n°200	0.075	0.00	5.80	2.80	2.10	96.80	4	8

Fuente: Elaboración propia

Se presentan los requisitos de la mezcla de áridos.

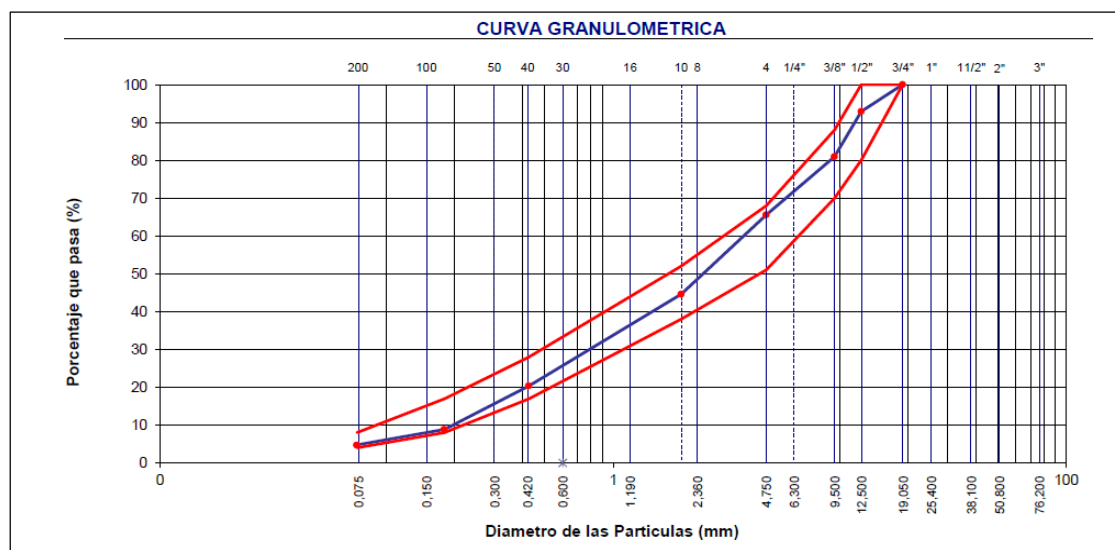


Figura 73: Curva granulométrica

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Diseño de Marshall

Una vez determinada la proporción de agregados, se procedió a determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico en la mezcla mediante el ensayo Marshall, a través de la elaboración de probetas con distintos porcentajes de ligante, para obtener de esta manera los parámetros Marshall.

Se elaboraron probetas con 05 contenidos diferentes de asfalto (4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%). Las diferentes probetas se prepararon teniendo como referencia la norma ASTM D 1559, además para la compactación se aplicaron 75 golpes por ambas caras de la probeta, siendo diseñado para un tráfico pesado.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriormente dichas, los parámetros Marshall para cada contenido de ligante, se obtuvo del promedio de los resultados de las tres probetas.

Tabla 55: *Diseño de Marshall*

Cemento asfáltico 60 -70	Peso unitario	Vacíos en la mezcla	V.M.A	Estabilidad	Flujo
%	gr/cm ³	%	%	Kg	mm
4.5	2.316	11.36	18.10	864	11.2
5.0	2.399	7.75	15.63	1200	12.9
5.5	2.454	5.40	14.16	1398	14.0
6.0	2.455	5.14	14.60	1306	13.2
6.5	2.386	7.60	17.47	1066	14.5

Fuente: *Elaboración propia*

En la presente tabla se presentan los resultados de los ensayos realizados a la mezcla.

Con los datos obtenidos para cada contenido de asfalto, se procede a graficar los valores, para lograr de esta manera obtener el contenido óptimo de asfalto.

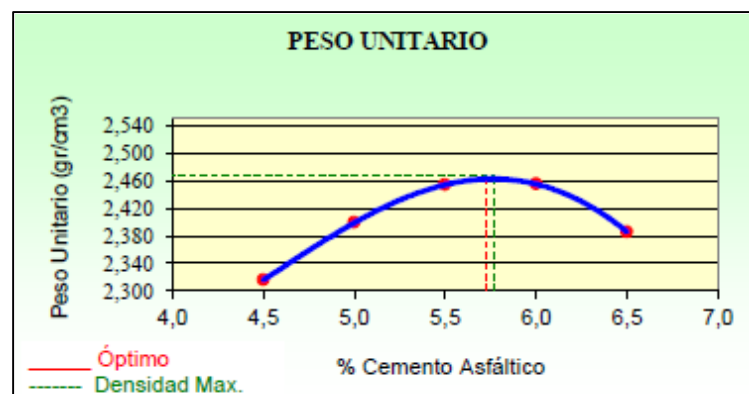


Figura 74: *Peso unitario*

Fuente: *Elaboración propia*

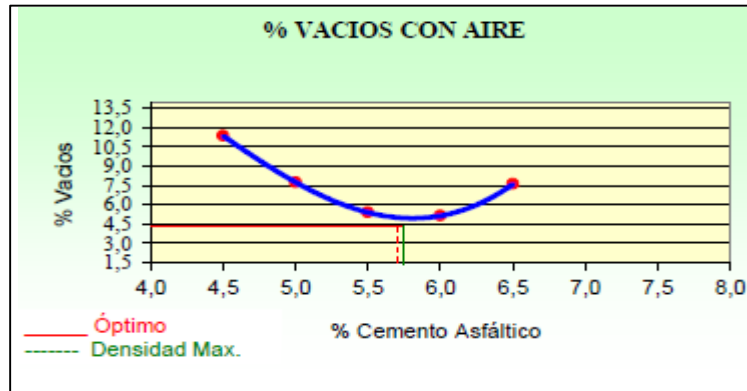


Figura 75: Porcentaje vacíos con aire

Fuente: Elaboración propia

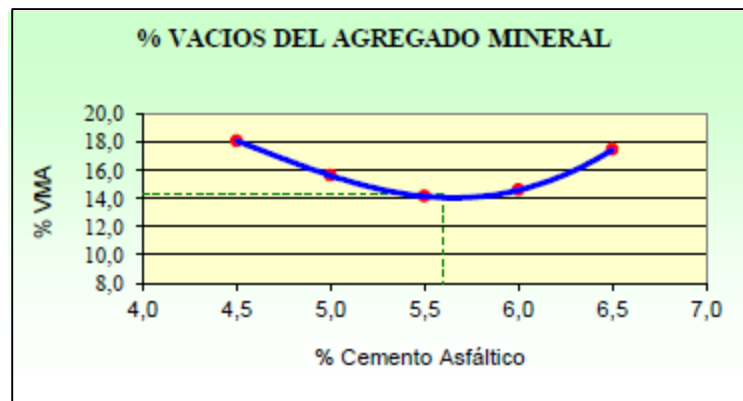


Figura 76: Porcentaje de vacíos del agregado mineral

Fuente: Elaboración propia

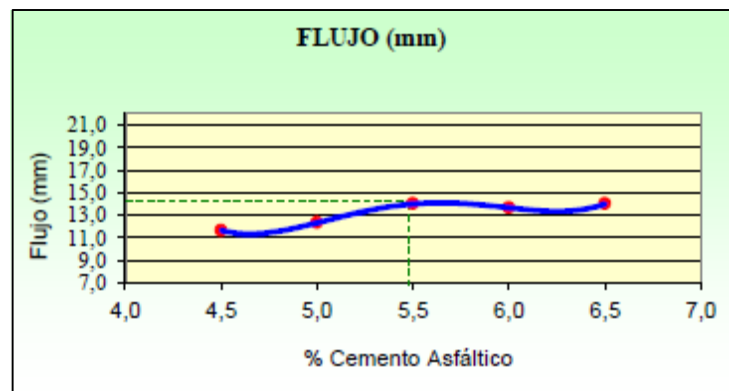


Figura 77: Flujo

Fuente: Elaboración propia

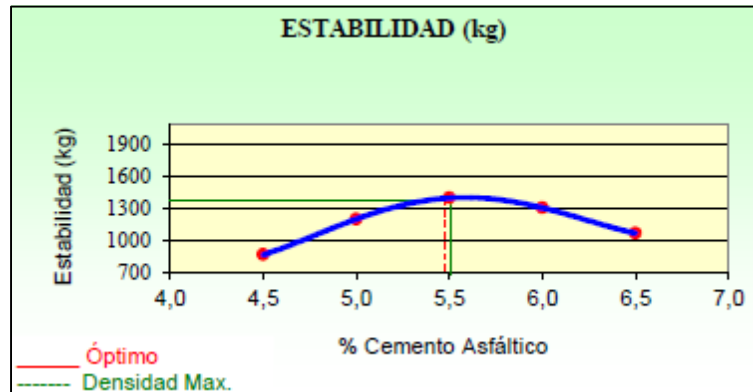


Figura 78: Estabilidad

Fuente: Elaboración propia

Teniendo los datos ya graficados, se determinó que el contenido óptimo de cemento asfáltico es de **5.63%** para la mezcla, posteriormente se procedió obtener los parámetros Marshall a partir del porcentaje de asfalto óptimo, el cual se detalla en la siguiente Tabla.

Tabla 56: Parámetros de diseño

Parámetro de diseño	Clase de Mezcla
	A
Marshall	
1. Compactación, número de golpes por lado	75
2. Estabilidad (kg)	1,050.0 Kg
3. Flujo 0.01" (0.25mm)	3.68
4. Porcentaje de vacíos con aire	4.6
5. Vacíos en el agregado mineral	17.8
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm)	2,853.0

Fuente: elaboración propia

En la presente tabla se presentan los resultados de los ensayos realizados a la mezcla.

3.6. Elaboración de mezcla asfáltica a Temperatura 100°C Sin zeolita Natural

mediante proceso seco.

Una vez obtenido el contenido óptimo de cemento asfáltico para la mezcla (5.63%), y determinado el tiempo de digestión (170°C por un periodo de dos horas), se procedió a elaborar tres probetas para cada contenido sin zeolita natural.

Tabla 57: Mezcla asfáltica a 100°C con 2% de cal

MEZCLA ASFÁLTICA A 100°C CON 2 % DE CAL						
N° Probeta	Cemento asfáltico	Peso unitario	Vacíos en la mezcla	V.M.A	Estabilidad	Flujo
	%	gr/cm ³	%	%	Kg	mm
1.0	5.63	2.465	3.0	15.00	1089.00	3.30
2.0		2.464	3.1	15.00	1235.00	3.81
3.0		2.466	3.0	15.00	1044.00	3.56
Promedio		2.464	3.1	15.00	1123.00	3.56

Fuente: elaboración propia

3.7. Elaboración de mezcla asfáltica a Temperatura 100°C con zeolita Natural

mediante proceso seco.

Una vez obtenido el contenido óptimo de cemento asfáltico para la mezcla (5.63%), y determinado el tiempo de digestión (170°C por un periodo de dos horas), se procedió a elaborar tres probetas para cada contenido de zeolita natural (0.5%, 1% y 1.5%).

Tabla 58: Mezcla asfáltica a 100°C con 1.5% de cal + 0.5% de zeolita natural

MEZCLA ASFÁLTICA A 100°C CON 1.5% DE CAL + 0.5% DE ZEOLITA NATURAL						
N° Probeta	Cemento asfáltico	Peso unitario	Vacíos en la mezcla	V.M.A	Estabilidad	Flujo
	%	gr/cm ³	%	%	Kg	mm
1.0	5.63	2.464	3.1	15.00	1187.00	3.56
2.0		2.543	3.0	14.90	1193.00	3.56
3.0		2.543	3.2	15.20	1145.00	3.30
Promedio		2.464	3.1	15.00	1175.00	3.47

Fuente: elaboración propia

Tabla 59: Mezcla asfáltica a 100°C con 1.0% de cal + 1.0% de zeolita natural.

MEZCLA ASFÁLTICA A 100°C CON 1% DE CAL + 1% DE ZEOLITA NATURAL						
N° Probeta	Cemento asfáltico	Peso unitario	Vacíos en la mezcla	V.M.A	Estabilidad	Flujo
	%	gr/cm ³	%	%	Kg	mm
1.0	5.63	2.492	2.00	14.00	1102.0	3.30
2.0		2.492	2.00	14.00	1174.0	3.56
3.0		2.487	2.20	14.20	1102.0	3.30
Promedio		2.490	2.1	14.10	1126.0	3.39

Fuente: elaboración propia

Tabla 60: Mezcla asfáltica a 100°C con 0.5% de cal + 1.5% de zeolita natural.

MEZCLA ASFÁLTICA A 100°C CON 0.5% DE CAL + 1.5% DE ZEOLITA NATURAL						
N° Probeta	Cemento asfáltico	Peso unitario	Vacíos en la mezcla	V.M.A	Estabilidad	Flujo
	%	gr/cm ³	%	%	Kg	mm
1.0	5.63	2.501	1.60	13.70	1158.0	3.56
2.0		2.497	1.80	13.90	1179.0	3.81
3.0		2.497	1.80	13.90	1211.0	3.56
Promedio		2.326	1.70	13.80	1183.0	3.64

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Características de los agregados pétreos

a. Ensayo para agregado grueso

Durabilidad al sulfato de magnesio

Al finalizar el ensayo al agregado grueso, se obtuvo como resultado 8.14%, donde dicho valor está dentro del requerimiento del Manual de Carreteras del MTC, el cual exige que el valor sea máximo el 18%.

Abrasión a los ángeles

Se realizó el ensayo al agregado grueso, para la cual se usó la gradación “B”, obteniendo un porcentaje de desgaste por abrasión de 10.20%. El Manual de Carreteras del MTC exige un valor de 40% como máximo, donde el material cumple dentro los requerimientos exigidos.

Índice de durabilidad

El Manual de Carreteras del MTC para este ensayo especifica que el requerimiento para el agregado grueso debe ser como mínimo el 35%. Realizado el ensayo se obtuvo un índice de durabilidad de 49.70%, cumpliendo con las exigencias requeridas.

Partículas chatas y alargadas

Una vez culminado el ensayo al agregado grueso, se obtuvo un resultado de 8.5%, cumpliendo con los requerimientos del Manual de Carreteras del MTC, el cual indica que debe ser como máximo el 10%.

Sales solubles totales

Después de haber realizado el ensayo de sales solubles para el agregado grueso, se obtuvo un valor de 0.04%, estando dentro los requerimientos del Manual de Carreteras del MTC, que indica que el valor no debe exceder del 0.5%.

Caras fracturadas

Culminando al ensayo de caras fracturadas para el agregado grueso, se determinó que el 99.40% del agregado tiene una cara fractura y que el 92% tiene de dos a más caras fracturadas, cumpliendo con los requerimientos del Manual de Carreteras del MTC, en el cual especifica que para una y dos caras fracturadas los valores deben ser 85% y 50% correspondientemente.

Absorción

Con respecto al ensayo de absorción se obtuvo un valor de 0.61%, estando dentro de las exigencias del Manual de Carreteras del MTC, en donde menciona que dicho valor debe ser como máximo el 1.0%.

b. Ensayo para agregado fino

Equivalente de Arena

Con respecto al ensayo de equivalente de arena del agregado fino, se obtuvo un valor de 67.9%, cumpliendo con las exigencias establecidas en el Manual de Carreteras del MTC, en el cual menciona que dicho valor debe ser como mínimo el 60%.

Ángularidad

Para el agregado fino al finalizar el ensayo de angularidad, se obtuvo como resultado 46%, cumpliendo de esta manera con los requisitos indicados en el Manual de Carreteras del MTC, donde menciona que el valor mínimo será de 30%.

Índice de Plasticidad (Malla N°40)

Al finalizar el ensayo en mención para el agregado fino, se obtuvo como resultado que dicho material es NP (no plástico), logrando de esta manera cumplir con las exigencias del Manual de Carreteras del MTC.

Índice de Plasticidad (Malla N°200)

Según los requerimientos del Manual de Carreteras del MTC, el índice de plasticidad deberá ser como máximo 4%, para la cual dicho agregado fino tiene un índice de plasticidad de 2.7%, cumpliendo con las exigencias requeridas.

Índice de Durabilidad

Para este ensayo el Manual de Carreteras del MTC, especifica que el requerimiento para el agregado fino debe ser como mínimo el 35%. Culminando el ensayo se obtuvo un índice de durabilidad de 56.90%, cumpliendo con las exigencias requeridas.

Sales solubles totales

Luego de haberse realizado el ensayo de sales solubles para el agregado fino, se obtuvo un valor de 0.03%, estando dentro los requerimientos del Manual de Carreteras del MTC, que indica que el valor no debe exceder del 0.5%.

Absorción

Para el agregado fino con respecto al ensayo mencionado se obtuvo un valor de 0.93%, en la cual dentro de las exigencias del Manual de Carreteras del MTC, menciona que dicho valor debe ser como máximo el 0.5%, por lo cual no cumple, sin embargo, el manual indica que se aceptarán mayores valores solo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

4.1.2. Características del Cemento Asfáltico.

El cemento asfáltico que se eligió es PEN 60-70 y fue proporcionado por la empresa Repsol, cumpliendo con todas las especificaciones requeridas por el Manual de Carreteras del MTC, dando la certeza que la mezcla asfáltica cumplirá con las propiedades necesarias para un óptimo desempeño.

4.1.3. Requisitos de la mezcla de áridos.

La combinación de los agregados, representado en la Figura 42, nos señala que las proporciones elegidas para el agregado fino y grueso cumplen satisfactoriamente con los límites establecidos para la gradación tipo MAC-

2. Las proporciones de los agregados son las siguientes.

Tabla 61: *Porcentaje de agregados*

Agregados	Diseño MAC-2
Grava chancada de 3/4"	33.0%
Arena chancada de 1/4"	28.0%
Arena zarandeada de 1/4"	27.0%
Arena Fina N°04	10.0%
Filler (cal)	2.00%

Fuente: elaboración propia

4.1.4. Diseño Marshall de la mezcla patrón

El contenido óptimo de cemento asfáltico obtenido para la mezcla es 5.63%, se verificó que todos los parámetros Marshall cumplen con los requerimientos exigidos por el Manual de Carreteras del MTC, de tal manera que se logra obtener las propiedades deseadas que contribuyen a la buena calidad de pavimentos de mezclas en caliente.

Tabla 62: *Diseño Marshall*

Parámetro de diseño	Requerimiento	Diseño 5.63%	Condición
Marshall			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	75	Cumple
2. Estabilidad (kg) (min)	815.0 Kg	1,379 Kg	Cumple
3. Flujo 0.01" (0.25mm)	2 – 4	3.63	Cumple
4. Porcentaje de vacíos con aire	3 – 5	4.41	Cumple
5. Vacíos en el agregado mineral (min)	14	14.30	Cumple
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm)	1,700 – 4,000	3,492	Cumple

Fuente: elaboración propia

Mezcla asfáltica a 100°C con zeolita Natural.

Se elaboraron probetas con tres tipos distintos de zeolita natural (0.5%, 1% y 1.5%) y se realizó un análisis estadístico con respecto a sus parámetros Marshall, para decidir el contenido de zeolita natural adecuado, que mejore las propiedades de la mezcla.

Tabla 63: *Parámetros Marshall*

Parámetros	Mezcla patrón a 140 °C	Mezcla a 100°C	Mezcla patrón a 100°C con 1.5%de cal+ 0.5%de zeolita	Mezcla patrón a 100°C con 1%de cal+ 1%de zeolita	Mezcla patrón a 100°C con 0.5%de cal+ 1.5%de zeolita
Estabilidad (kg)	1,379	1,123	1,175	1,126	1,183
Flujo (mm)	3.63	3.56	3.47	3.39	3.64
%Vacíos con aire	4.41	3.1	3.1	2.1	1.7
%Vacíos en el agregado mineral	14.30	15.0	15.0	14.1	13.8
Densidad					
Estabilidad – flujo (kg/cm)	3492.0	3158.0	3387	3325	3252
Condición de los parámetros	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que con la adición de zeolita al 0.5% se cumple con los parámetros Marshall exigidos por el Manual de Carreteras del MTC. A continuación, se grafica un versus de los parámetros entre la mezcla asfáltica a 140°C, mezcla asfáltica a 100°C sin zeolita natural y la mezcla asfáltica con 0.5 % de zeolita natural, para una mayor visualización.

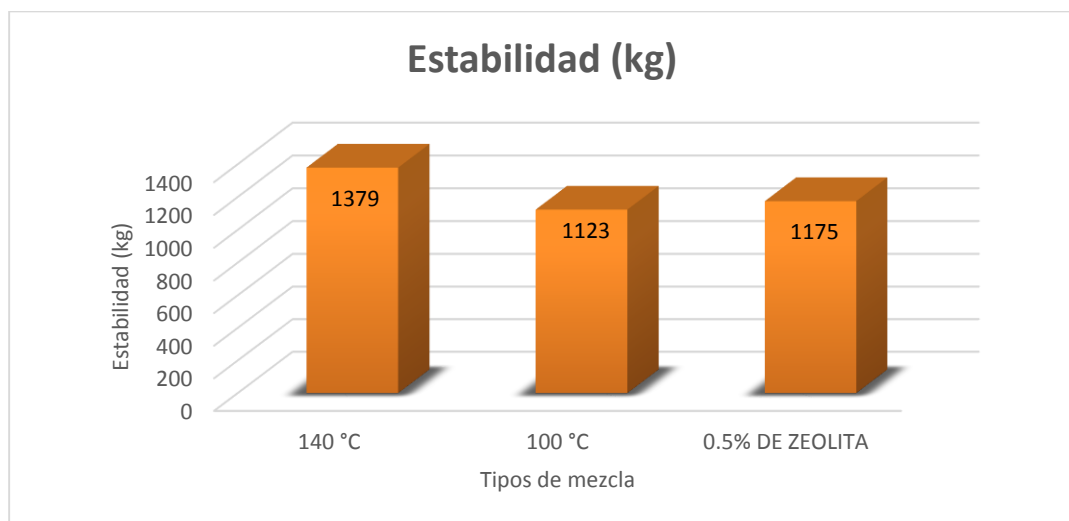


Figura 79: Estabilidad

Fuente: Elaboración propia

La mezcla asfáltica con 0.5% de zeolita es parcialmente inferior a la mezcla de 140°C en 204 kg equivalente a 14.79%, a su vez esta mezcla con 0.5% de zeolita es parcialmente superior en 52 kg equivalente en 4.63% a la mezcla convencional con 100°C. Con respecto a las especificaciones de estabilidad las tres mezclas a 140°C, 100°C y con 0.5% de zeolita a 100°C cumplen (Estabilidad: Min 815 kg; EG-2013), esta propiedad permite resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito (pavimento estable), capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas, mientras que un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos (canales), ondulaciones (corrugación) y otras señas que indican cambios en la mezcla. El valor obtenido de estabilidad mejorado con zeolita es aceptable para un diseño de pavimentos, es importante resaltar que no se debe exagerar con valores altos de estabilidad ya que pueden producir pavimentos demasiados rígidos y por tanto, menos durable.

Según Reynier, Anadelys & Mirna, 2016 con respecto al análisis de estabilidad sugirieron realizar investigación con 04% - 06% de zeolita debido a que con 4.5% de asfalto con 0.2 a 0.8% de zeolita la resistencia aumenta en las mezclas asfálticas y en 0.6% la curva comienza a descender mostrando menor resistencia que la mezcla patrón. En la investigación realizada se observa que la mezcla convencional con 140°C tiene 1050 kg y la mezcla con 0.5% de zeolita con 100°C presenta 1175kg, posteriormente con 1% de zeolita la resistencia comienza descender en 1126kg, mostrando mejores resultados de resistencia la incorporación con 0.5% de zeolita.

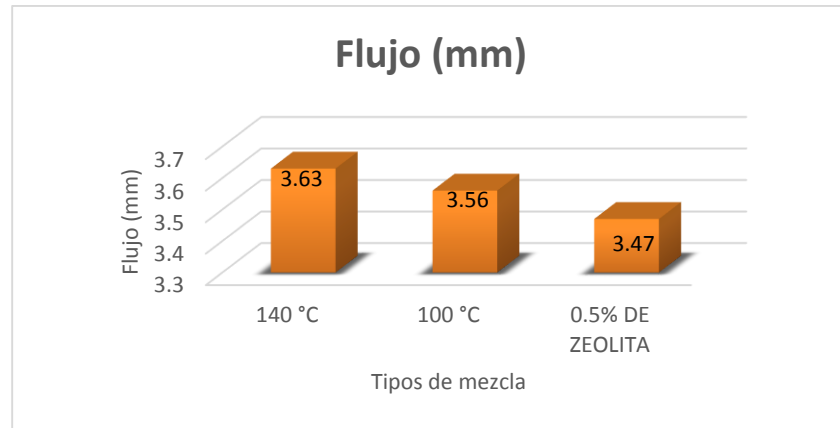


Figura 80: Flujo

Fuente: Elaboración propia

La mezcla asfáltica con 0.5% de zeolita es parcialmente inferior a la mezcla de 140°C en 0.16 mm equivalente a 4.40%, a su vez esta mezcla con 0.5% de zeolita es parcialmente inferior en 0.09 mm equivalente en 2.52% a la mezcla convencional con 100°C, con respecto a las especificaciones de flujo las tres mezclas a 140°C, 100°C y con 0.5% de zeolita a 100°C cumplen (Flujo: 2 - 4mm; EG-2013).

Según Valeriano y Catacora, 2017 en la tesis realizada en Juliaca presentan en sus resultados un flujo de 3.38 mm con 2% de zeolita cumpliendo los parámetros establecidos por el Ministerio de Transportes y Carreteras (MTC), siendo superior a los resultados obtenidos en la presente tesis en donde se obtuvo 3.47mm, pero dichos valores tampoco deben sobrepasar el límite inferior, ya que se considera demasiado rígido el pavimento, del mismo modo, el límite superior tampoco debe ser excedido debido a que la mezcla se considera demasiado plástica o inestable.

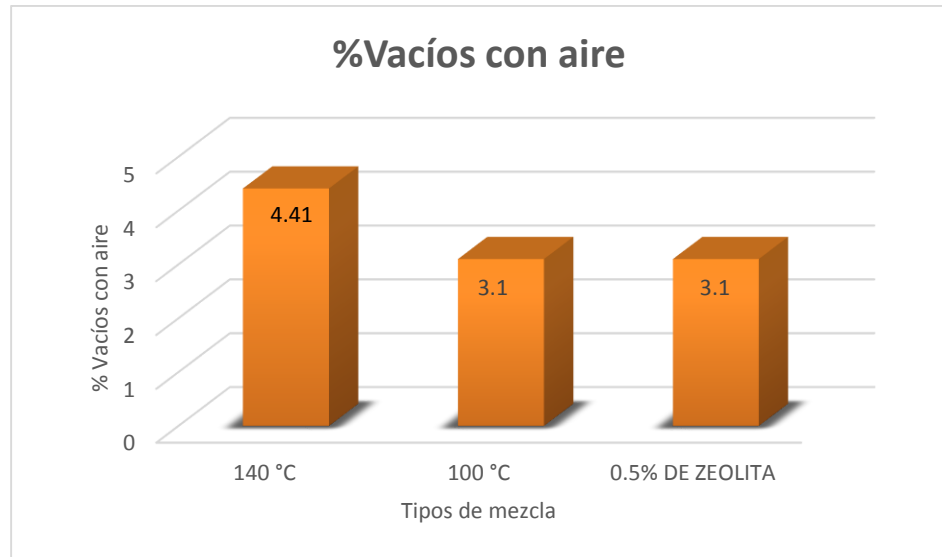


Figura 81: Porcentaje de vacíos con aire.

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de vacíos con aire para la mezcla asfáltica con 0.5% de zeolita es inferior a la mezcla de 140°C en 1.31% equivalente a 29.70%, con respecto a las especificaciones de vacíos con aire las tres mezclas a 140°C, 100°C y con 0.5% de zeolita a 100°C cumplen (% Vacíos de aire: 3 - 5%; EG-2013).

Es necesario que todas las mezclas estén densamente graduadas que contengan cierto porcentaje de vacíos para que no se produzcan deformaciones plásticas como consecuencia del paso de las cargas y de las variaciones térmicas, asimismo la durabilidad de un pavimento asfáltico está relacionada con el porcentaje de vacíos, esto se debe a que mientras menor sea la cantidad de vacíos, menor va a ser la permeabilidad de la mezcla.

Según Valeriano y Catacora, 2017 en la tesis realizada en Juliaca presentan en sus resultados el porcentaje de vacíos de 4.1% en la mezcla asfáltica con 2% de zeolita a comparación con la presente investigación se obtuvo un 3.1% de porcentaje de vacíos siendo dicho valor inferior ambos resultados cumplen los parámetros establecidos por el Ministerio de Transportes y Carreteras

(MTC), es importante detallar que un elevado índice de vacíos proporciona pasajes, a través de la mezcla, por los cuales puede entrar el agua y el aire, y causar deterioro, mientras que un contenido demasiado bajo de vacíos puede producir exudación de asfalto.

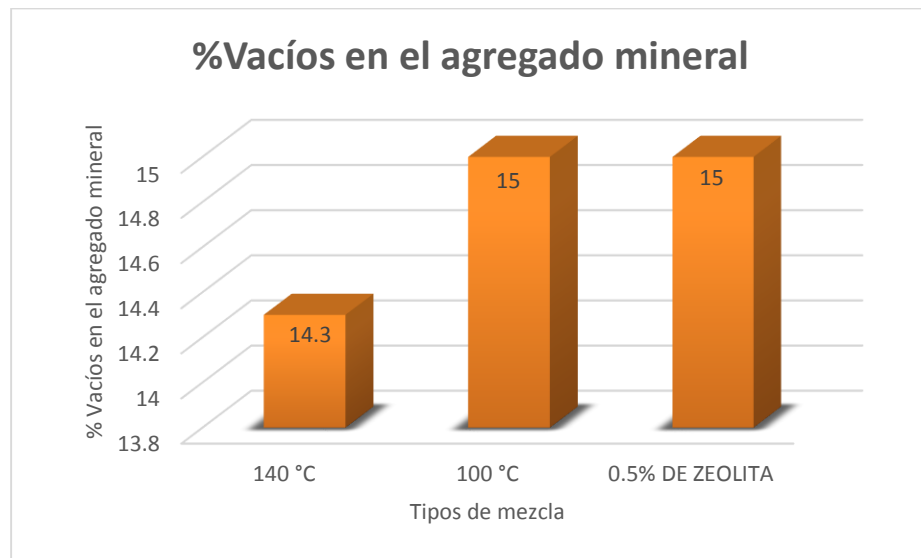


Figura 82: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM) para la mezcla asfáltica con 0.5% de zeolita es superior a la mezcla de 140°C en 7% equivalente a 4.9%, con respecto a las especificaciones de porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM) las tres mezclas a 140°C, 100°C y con 0.5% de zeolita a 100°C cumplen (% VMA: Mín. 14%; EG-2013).

Según Valeriano y Catacora, 2017 en la tesis realizada en Juliaca presentan en sus resultados un porcentaje de vacíos en el agregado mineral de 16.9% con 2% de zeolita, siendo un valor parcialmente superior que de la presente investigación que es 15% ambos valores cumpliendo los parámetros establecidos por el Ministerio de Transportes y Carreteras (MTC), este parámetro representa el espacio disponible para acomodar el volumen

efectivo de asfalto (todo el asfalto menos la porción que se pierde en el agregado) y el volumen de vacíos necesario en la mezcla. Cuando mayor sea el VAM más espacio habrá disponible para las películas de asfalto y más durable será la mezcla.

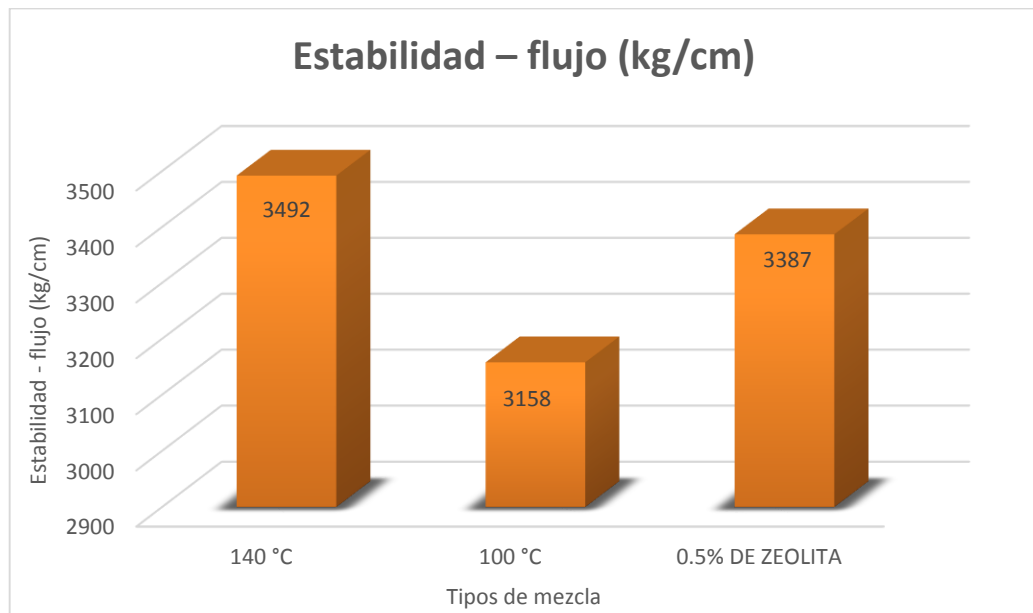


Figura 83: Estabilidad – Flujo.

Fuente: Elaboración propia

El Índice de Rigidez para la mezcla asfáltica con 0.5% de zeolita es parcialmente inferior a la mezcla de 140°C en 105 kg/cm equivalente a 3%, a su vez esta mezcla con 0.5% de zeolita es superior en 229 kg equivalente en 4% a la mezcla convencional con 100°C, con respecto a las especificaciones de Índice de Rigidez las tres mezclas a 140°C, 100°C y con 0.5% de zeolita a 100°C cumplen (% Índice de Rigidez: 1700-4000 kg/cm; EG-2013).

Según Valeriano y Catacora, 2017 en la tesis realizada en Juliaca presentan en sus resultados la Estabilidad – flujo de 2935.99 kg/cm con 2% de zeolita, siendo un valor inferior que la presente investigación que es 3387 kg/cm ambos valores cumpliendo los parámetros establecidos por el Ministerio de

Transportes y Carreteras (MTC), este índice nos indica una pseudo-rigidez del material, mostrando que tan flexible o rígida es la mezcla evaluada.

4.1.5. Análisis Comparativo de costos.

En las siguientes tablas se muestra la simulación de costos para la colocación de una carpeta asfáltica de 5cm de espesor en un tramo de 1 kilómetro de calzada de 7.2 metros.

Tabla 64: Análisis de costos para 1km de carpeta asfáltica convencional

Longitud	convencional	Modificada
Ancho de la calzada	7.2	m
Espesor de la carpeta	0.05	m
Costo por m2	99.11	soles
Precio final	35679.60	soles

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65: Análisis de costos para 1km de carpeta asfáltica semicaliente con 0.5% de zeolita.

Longitud	convencional	Modificada
Ancho de la calzada	7.2	m
Espesor de la carpeta	0.05	m
Costo por m2	98.84	soles
Precio final	35582.40	soles

Fuente: Elaboración propia.

La utilización de la zeolita natural generaría un ahorro de 97.20 soles (Noventa y siete con veinte céntimos) para un 1 km de carpeta asfáltica, este monto se vería más significativo cuando se genere vías de mayor longitud.

4.1.6. Contratación de Hipótesis.

Hipótesis Especifica N°01

Mejorará las propiedades mecánicas del diseño de mezclas asfálticas semicalientes con la adición de zeolita natural frente a las mezclas asfálticas convencionales.

Se utilizará el Análisis de T- Student con contraste bilateral, para contrastar estadísticamente la hipótesis específica N°1, para el diseño de mezclas asfálticas convencionales (140°C y 100°C) y modificada con zeolita natural con 0.5% a 100°C.

Estabilidad

H_0 = No hay diferencia significativa entre las dos medidas de estabilidad al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 140°C.

H_1 = Hay una diferencia significativa entre las dos medidas de estabilidad al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 140°C.

Tabla 66: Análisis de t Student para Estabilidad.

N de muestras	140°C convencional	Modificada a 0.5% Zeolita a 100°C	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	Contraste bilateral.
1	1413	1187	225.00	144.00	Dos colas
2	1395	1193	9.00	324.00	
3	1386	1145	144.00	900.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67: Datos y cálculos con T- Student (elaboración propia).

		convencional	Modificada
n1,n2	Tamaño de la muestra	3	3
$\bar{X}1, \bar{Y}2$	Media Muestral	1398	1175
$S1^2, S2^2$	Varianza muestral	189	684
S1,S2	Desviación Estándar	13.748	2.153
Sp^2	Varianza ponderada	436.5	-
Sp	Desviación Estándar	20.893	-
tc	Estadístico de prueba	13.072	-
$GL=n1+n2-2$	Grado de libertad	4	-
α	Nivel de significancia (%)	95	-
$t_{\alpha/2}$	Valor critico de tabla (dos colas)	2.776	-

Fuente: Elaboración propia

Decisión y Conclusión: Como $|tc| = 13.072 > t_{\alpha/2} = 2.776$; por lo tanto no se acepta H_0 , puesto que existen diferencias significativas entre las dos medidas a nivel de confianza del 95%.

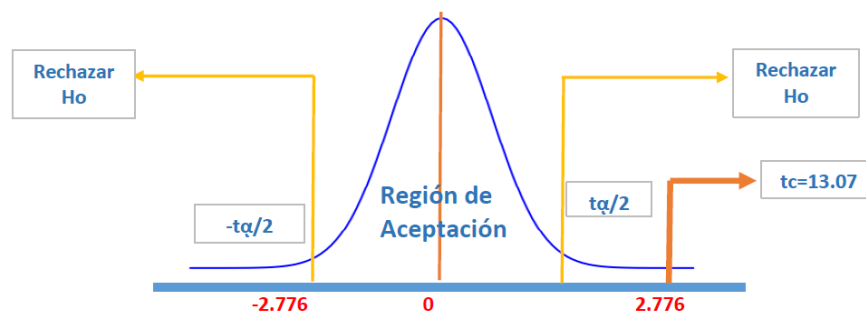


Figura 84: Estadística de prueba de Estabilidad

Fuente: Elaboración propia.

H_0 = No hay diferencia significativa entre las dos medidas de estabilidad al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 100°C.

H_1 = Hay una diferencia significativa entre las dos medidas de estabilidad al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 100°C.

Tabla 68: Análisis de T- Student para Estabilidad

N de muestras	100°C convencional	Modificada a 0.5% Zeolita a 100°C	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	Contraste bilateral.
1	1089	1187	1133	144	Dos colas
2	1235	1193	12619	324	
3	1044	1145	6188	900	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69: Datos y cálculos T- Student

		convencional	Modificada
n_1, n_2	Tamaño de la muestra	3	3
\bar{X}_1, \bar{Y}_2	Media Muestral	1122.667	1175
S_1^2, S_2^2	Varianza muestral	9970.333	684
S_1, S_2	Desviación Estándar	99.852	2.153
S_p^2	Varianza ponderada	5327.167	-
S_p	Desviación Estándar	72.987	-
t_c	Estadístico de prueba	-0.08	-
$GL = n_1 + n_2 - 2$	Grado de libertad	4	-
α	Nivel de significancia (%)	95	-
$t_{\alpha/2}$	Valor crítico de tabla (dos colas)	2.776	-

Fuente: Elaboración propia

Decisión y Conclusión: Como $|t_c| = 0.08 < t_{\alpha/2} = 2.776$; por lo tanto se acepta H_0 , puesto que no existen diferencias significativas entre las dos medidas a nivel de confianza del 95%

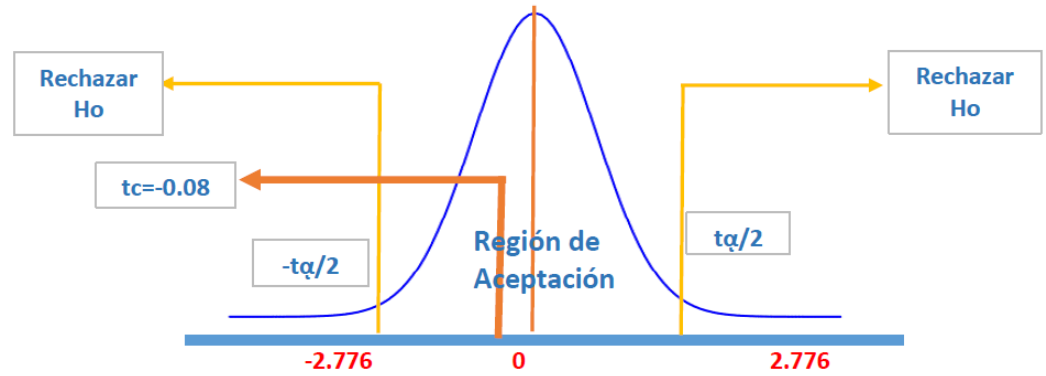


Figura 85: Estadística de prueba de la Estabilidad

Fuente: Elaboración propia.

Flujo

H_0 = No hay diferencia significativa entre las dos medidas de flujo al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 140°C.

H_1 = Hay una diferencia significativa entre las dos medidas de flujo al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 140°C.

Tabla 70: Análisis de T- Student para el Flujo.

N de muestras	140°C convencional	Modificada a Zeolita 100°C	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	Contraste bilateral.
1	3.56	3.56	0.000	0.008	Dos colas
2	3.56	3.56	0.000	0.008	
3	3.56	3.30	0.000	0.030	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71: Datos T- Student

		convencional	Modificada
n1,n2	Tamaño de la muestra	3	3
$\bar{X}1, \bar{Y}2$	Media Muestral	3.560	3.473
$S1^2, S2^2$	Varianza muestral	0.000	0.023
$S1, S2$	Desviación Estándar	0.000	0.150
Sp^2	Varianza ponderada	0.011	-
Sp	Desviación Estándar	0.106	-
t_c	Estadístico de prueba	1.000	-
$GL=n1+n2-2$	Grado de libertad	4	-
α	Nivel de significancia (%)	95	-
$t_{\alpha/2}$	Valor critico de tabla (dos colas)	2.776	-

Fuente: Elaboración propia

Decisión y Conclusión: Como $|t_c| = 1 < t_{\alpha/2} = 2.776$; por lo tanto se acepta H_0 , puesto que no existen diferencias significativas entre las dos medidas a nivel de confianza del 95%.

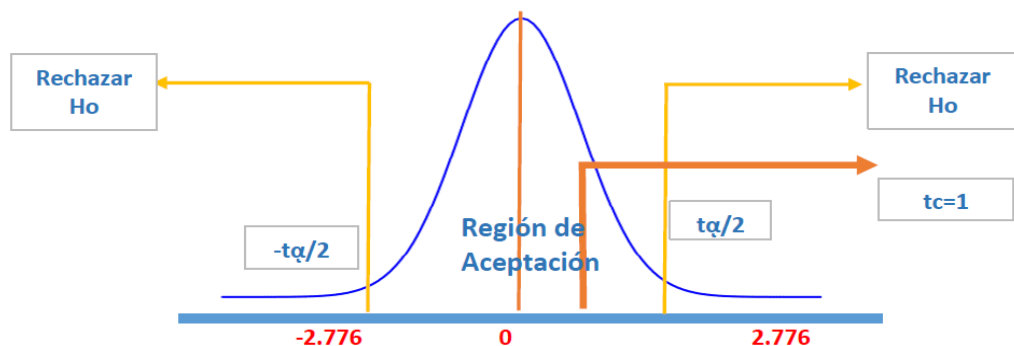


Figura 86: Estadística de prueba del Flujo

Fuente: Elaboración propia.

H_0 = No hay diferencia significativa entre las dos medidas de flujo al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 100°C.

H_1 = Hay una diferencia significativa entre las dos medidas de flujo al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 100°C.

Tabla 72: Análisis de T- Student para el Flujo.

N de muestras	100°C convencional	Modificada a 0.5% Zeolita a 100°C	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	Contraste bilateral.
1	3.30	3.56	0.066	0.008	Dos colas
2	3.81	3.56	0.064	0.008	
3	3.56	3.30	0.000	0.030	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73: Datos T- Student.

		convencional	Modificada
n_1, n_2	Tamaño de la muestra	3	3
\bar{X}_1, \bar{Y}_2	Media Muestral	3.557	3.473
S_1^2, S_2^2	Varianza muestral	0.065	0.023
S_1, S_2	Desviación Estándar	0.255	0.150
S_p^2	Varianza ponderada	0.044	-
S_p	Desviación Estándar	0.209	-
t_c	Estadístico de prueba	0.49	-
$GL = n_1 + n_2 - 2$	Grado de libertad	4	-
α	Nivel de significancia (%)	95	-
$t_{\alpha/2}$	Valor crítico de tabla (dos colas)	2.776	-

Fuente: Elaboración propia

Decisión y Conclusión: Como $|t_c| = 0.49 < t_{\alpha/2} = 2.776$; por lo tanto se acepta H_0 , puesto que no existen diferencias significativas entre las dos medidas a nivel de confianza del 95%.

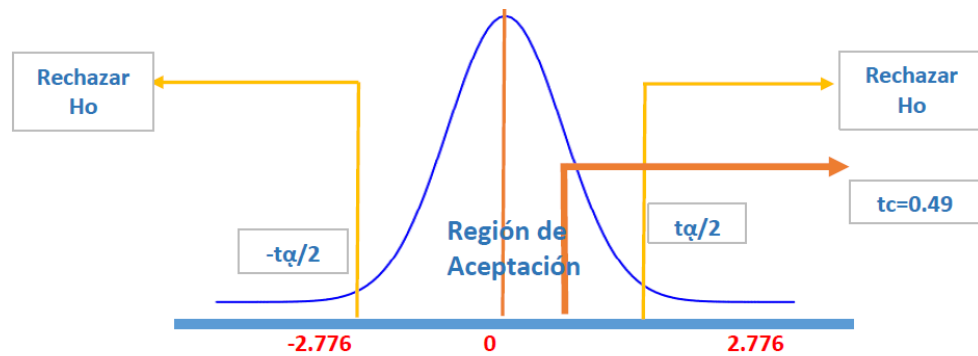


Figura 87: Estadística de prueba del Flujo

Fuente: Elaboración propia

Hipótesis Específica N°02

Mejorará las propiedades volumétricas del diseño de mezclas asfálticas semicalientes con la adición de zeolita natural frente a las mezclas asfálticas convencionales.

Se utilizara Análisis de T- Student con contraste bilateral, para contrastar estadísticamente la hipótesis específica N°02, para el diseño de mezclas asfálticas convencionales (140°C y 100°C) y modificada con zeolita natural con 0.5% a 100°C

Porcentaje de vacíos del agredo mineral

H_0 = No hay diferencia significativa entre los porcentajes de vacíos del agregado mineral al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 140°C.

H_1 = Hay una diferencia significativa entre los porcentajes de vacíos del agregado mineral al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 140°C.

Tabla 74: Análisis de T- Student para el %V.M.A.

N de muestras	140°C convencional	Modificada a 0.5% Zeolita a 100°C	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	Contraste bilateral.
1	14.12	15.0	0.002	0.001	Dos colas
2	14.16	14.9	0.000	0.018	
3	14.20	15.2	0.002	0.028	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75: Datos y cálculos T- Student.

		convencional	Modificada
n1,n2	Tamaño de la muestra	3	3
\bar{X}_1, \bar{Y}_2	Media Muestral	14.160	15.033
S_1^2, S_2^2	Varianza muestral	0.002	0.023
S_1, S_2	Desviación Estándar	0.040	0.153
S_p^2	Varianza ponderada	0.012	-
S_p	Desviación Estándar	0.112	-
t_c	Estadístico de prueba	-9.58	-
$GL = n_1 + n_2 - 2$	Grado de libertad	4	-
α	Nivel de significancia (%)	95	-
$t_{\alpha/2}$	Valor crítico de tabla (dos colas)	2.776	-

Fuente: Elaboración propia

Decisión y Conclusión: Como $|t_c| = 9.58 > t_{\alpha/2} = 2.776$; por lo tanto no se acepta H_0 , puesto que existen diferencias significativas entre las dos medidas a nivel de confianza del 95%.

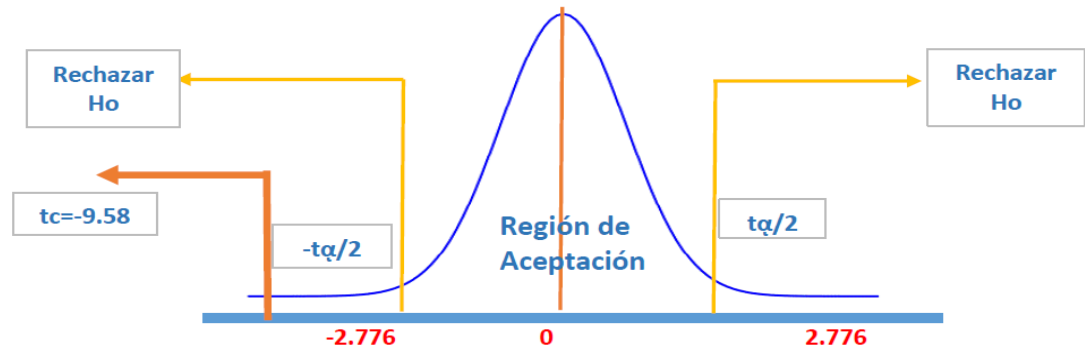


Figura 88: Estadística de %VMA

Fuente: Elaboración propia.

Ho = No hay diferencia significativa entre los porcentajes de vacíos del agregado mineral al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 100°C.

H1= Hay una diferencia significativa entre las porcentajes de vacíos del agregado mineral al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 100°C

Tabla 76: Análisis de T- Student para el % V.M.A.

N de muestras	100°C convencional	Modificada a 0.5% Zeolita 100°C	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	Contraste bilateral.
1	15	15.0	0.002	0.001	Dos colas
2	15	14.9	0.000	0.018	
3	15	15.2	0.002	0.028	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77: Datos y cálculos T- Student.

		convencional	Modificada
n_1, n_2	Tamaño de la muestra	3	3
\bar{X}_1, \bar{Y}_2	Media Muestral	15.000	15.033
S_1^2, S_2^2	Varianza muestral	0.000	0.023
S_1, S_2	Desviación Estándar	0.000	0.153
S_p^2	Varianza ponderada	0.012	-
S_p	Desviación Estándar	0.108	-
t_c	Estadístico de prueba	-0.380	-
$GL = n_1 + n_2 - 2$	Grado de libertad	4	-
α	Nivel de significancia (%)	95	-
$t_{\alpha/2}$	Valor crítico de tabla (dos colas)	2.776	-

Fuente: elaboración propia

Decisión y Conclusión: Como $|t_c| = -0.38 < t_{\alpha/2} = 2.776$; por lo tanto se acepta H_0 , puesto que no existen diferencias significativas entre las dos medidas a nivel de confianza del 95%.

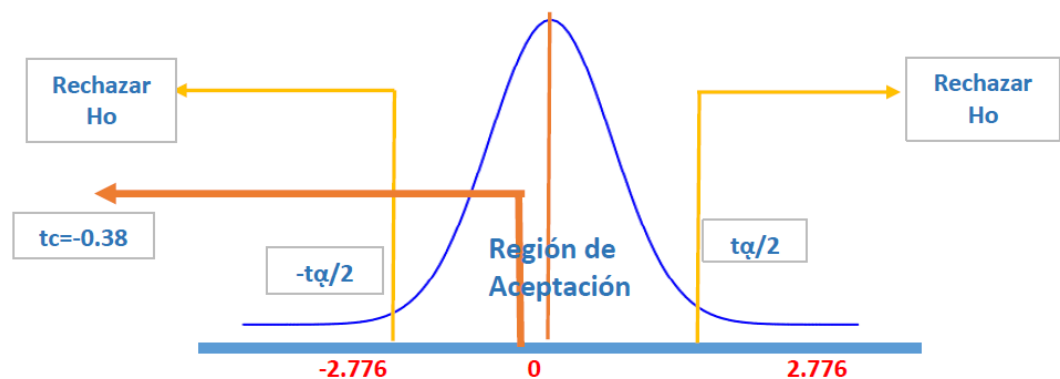


Figura 89: Estadística de %V.M.A

Fuente: Elaboración propia.

Vacíos con aire

Ho = No hay diferencia significativa entre los porcentajes de vacíos con aire al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 140°C.

Tabla 78: Análisis de T- Student para el porcentaje de vacíos con aire.

N de muestras	140°C convencional	Modificada a 0.5% Zeolita a 100°C	(Xi- a) ²	(Yi- Ȳ) ²	Contraste bilateral.
1	5.35	3.1	0.002	0.000	Dos colas
2	5.39	3	0.000	0.010	
3	5.44	3.2	0.002	0.010	

Fuente: elaboración propia

Tabla 79: Datos y cálculos T- Student.

		convencional	Modificada
n1,n2	Tamaño de la muestra	3	3
$\bar{X}1, \bar{Y}2$	Media Muestral	5.393	3.100
S1 ² , S2 ²	Varianza muestral	0.002	0.010
S1,S2	Desviación Estándar	0.045	0.100
Sp ²	Varianza ponderada	0.006	-
Sp	Desviación Estándar	0.078	-
tc	Estadístico de prueba	36.21	-
GL=n1+n2-2	Grado de libertad	4	-
α	Nivel de significancia (%)	95	-
t α /2	Valor critico de tabla (dos colas)	2.776	-

Fuente: elaboración propia.

Decisión y Conclusión: Como $|t_c| = 36.21 > t_{\alpha/2} = 2.776$; por lo tanto no se acepta H_0 , puesto que existen diferencias significativas entre las dos medidas a nivel de confianza del 95%.

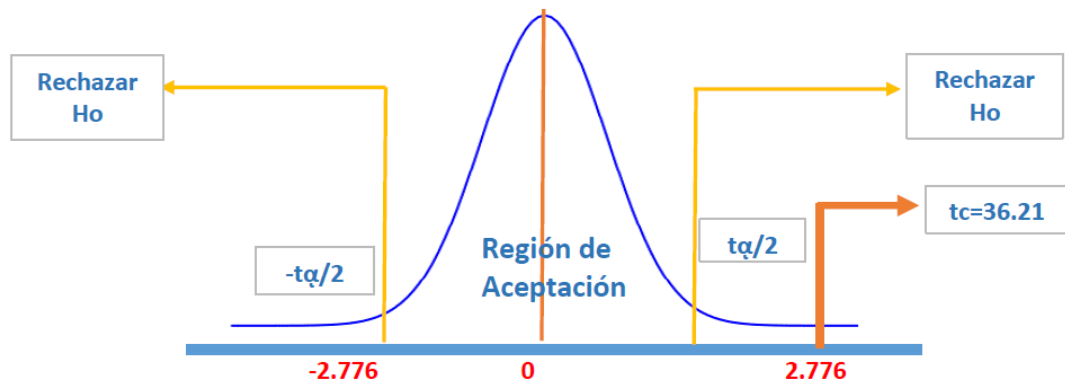


Figura 90: Estadística de %Vacíos con aire

Fuente: Elaboración propia.

H_0 = No hay diferencia significativa entre los porcentajes de vacíos con aire al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 100°C .

H_1 = Hay una diferencia significativa entre los porcentajes de vacíos con aire al adicionar la zeolita al diseño de mezclas asfálticas semicalientes a 100°C frente a las mezclas asfálticas convencionales a 100°C .

Tabla 80: Análisis de T- Student para el porcentaje de vacíos con aire.

N de muestras	100°C convencional	Modificada a 0.5% Zeolita a 100°C	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	Contraste bilateral.
1	3.0	3.1	0.001	0.000	Dos colas
2	3.1	3	0.004	0.010	
3	3.0	3.2	0.001	0.010	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 81: Datos y cálculos T- student.

		convencional	Modificada
n1,n2	Tamaño de la muestra	3	3
\bar{X}_1, \bar{Y}_2	Media Muestral	3.033	3.100
S_1^2, S_2^2	Varianza muestral	0.003	0.010
S_1, S_2	Desviación Estándar	0.058	0.100
Sp^2	Varianza ponderada	0.007	-
Sp	Desviación Estándar	0.082	-
t_c	Estadístico de prueba	-1.000	-
$GL=n_1+n_2-2$	Grado de libertad	4	-
α	Nivel de significancia (%)	95	-
$t_{\alpha/2}$	Valor critico de tabla (dos colas)	2.776	-

Fuente: elaboración propia.

Decisión y Conclusión: Como $|t_c| = 1 < t_{\alpha/2} = 2.776$; por lo tanto se acepta H_0 , puesto que no existen diferencias significativas entre las dos medidas a nivel de confianza del 95%.

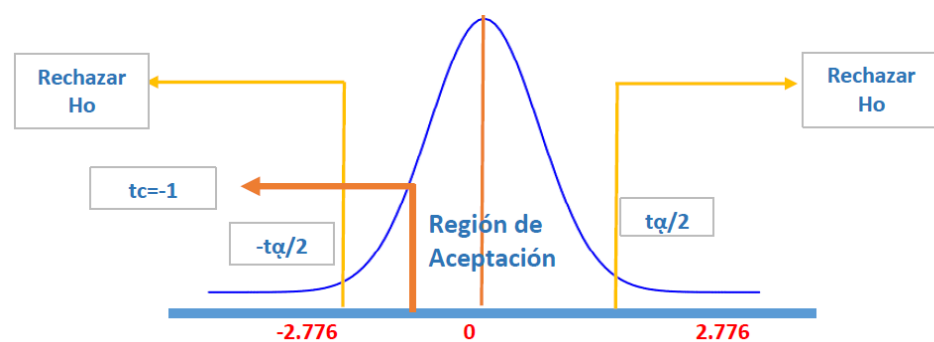


Figura 91: Estadística de %Vacíos con aire.

Fuente: Elaboración propia

4.2. Conclusiones

- En esta tesis se determinó el comportamiento de la incorporación de zeolita natural a temperatura de 100°C, teniendo en cuenta sus parámetros Marshall para un diseño eficaz, logrando que dicha mezcla sea similar en propiedades, al introducir el uso de mezclas asfálticas tibias con adición de zeolita natural el porcentaje de vacíos de aire establecido por INVIAS (3%-5%), está dentro del rango normal lo cual implica que la mezcla es de fácil compactación asimismo mejorara los proceso de elaboración y tendidos, además al disminuir la temperatura se reduce los costos de energía y las emisiones de CO₂ en el medio ambiente.
- Se obtuvo con la caracterización de los agregados para la elaboración de la mezcla asfáltica convencional.
 - Piedra chancada 3/4'': **33%**
 - Arena chancada 1/4'': **28%**
 - Arena zarandeada 1/4'': **27%**
 - Arena Fina # 04 : **10%**
 - Filler : **2%**
- Se cumplió con los requerimientos según la norma EG-2013 para los ensayos del agregado grueso y fino.
- Se determinó el contenido óptimo de cemento asfáltico PEN 60-70 es de 5.63%, para la elaboración de las mezclas asfálticas en caliente.
- Se determinó el porcentaje óptimo de zeolita natural para mejorar la mezcla asfáltica semi-caliente es de 0.5%, como reemplazo del agregado fino.

- Se comparó que la estabilidad la mezcla asfáltica con 0.5% de zeolita es parcialmente inferior a la mezcla de 140°C en 204 kg equivalente a 14.79%, a su vez esta mezcla con 0.5% de zeolita es parcialmente superior en 52 kg equivalente en 4.63% a la mezcla convencional con 100°C.
- Se comparó que el flujo de la mezcla asfáltica con 0.5% de zeolita es parcialmente inferior a la mezcla de 140°C en 0.16 mm equivalente a 4.40%, a su vez esta mezcla con 0.5% de zeolita es parcialmente inferior en 0.09 mm equivalente en 2.52% a la mezcla convencional con 100°C.
- Se comparó que el porcentaje de vacíos con aire para la mezcla asfáltica con 0.5% de zeolita es inferior a la mezcla de 140°C en 1.31% equivalente a 29.70%.
- Se comparó el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM) para la mezcla asfáltica con 0.5% de zeolita es superior a la mezcla de 140°C en 7% equivalente a 4.9%.
- Se comparó que el índice de Rigidez para la mezcla asfáltica con 0.5% de zeolita es parcialmente inferior a la mezcla de 140°C en 105 kg/cm equivalente a 3%, a su vez esta mezcla con 0.5% de zeolita es superior en 229 kg equivalente en 4% a la mezcla convencional con 100°C
- Se realizó del análisis de costos que en las mezclas asfálticas semicalientes con zeolita existe un ahorro económico por m^2 respecto a las mezclas convencionales de 0.27 m^2 por soles, para una mezcla asfáltica convencional se tiene un costos de 35679.60 soles (Treinta y cinco mil seiscientos setenta y nueve con sesenta céntimos) por 1km de carpeta asfáltica mientras que en la mezcla semicaliente con zeolita se tiene 35582.40 soles (Treinta y cinco mil quinientos ochenta y dos con cuarenta céntimos).

4.3. Recomendaciones

- Se sugiere realizar ensayos que permitan medir la emisión de CO₂ con la incorporación de zeolita natural a mezclas asfálticas con temperaturas semicalientes, lo cual evite contaminación ambiental y la salubridad a los trabajadores.
- Se recomienda posteriores indagaciones sobre esta tesis, a través de construcciones de tramos de prueba en nuestro país, puesto que nos permitan medir el desempeño de la mezcla asfáltica semicaliente antes las cargas impuestas por el tránsito y las condiciones ambientales.
- Se sugiere realizar un control y seguimiento para la mezcla asfáltica y a su vez de los componentes de la estructura del pavimento, siendo necesario tomar muestras del material para analizar sus comportamientos en laboratorio, para verificar que sus parámetros cumplan antes y después de la construcción del pavimento. Se debe analizar el rendimiento de la deformación permanente, la fatiga, la resistencia a la fisuración por temperatura en la compactación.
- Para futuras investigaciones se sugiere realizar el seguimiento y control en la producción de mezclas semicalientes en el proceso de elaboración, con el fin de agregar los porcentajes óptimos de los agregados, el cemento asfáltico, filler y zeolita natural, y así poder reducir costos innecesarios y obtener una mezcla de calidad.
- En los próximos estudios se debe realizar un análisis de costos unitarios y estándares de mayor detalle aplicables a diferentes zonas de nuestro país en la elaboración de mezclas asfálticas semicalientes para determinar el consumo de combustible, desgaste de maquinaria en plantas de asfalto y características representativas que representa cada región, variando así la temperatura, el tráfico en circulación, geometría y clima.

- Para incentivar a la sociedad de sugiere introducir nuevas tecnologías para el diseño de mezclas asfálticas semicalientes, con el fin de obtener mínimos porcentajes de errores y así poder formular especificaciones técnicas para el diseño de mezcla a temperaturas menores.

REFERENCIAS

- Alonso, Medel, Moreno, Rubio & Tejeda (2013). “*Estudio de laboratorio sobre utilización de zeolita natural versus zeolita sintética en la fabricación de mezclas semicalientes*”. España. Recuperado de: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/12|92/1422>
- Banco Mundial (1944). Servicios financieros. Washington D.C., EU. Recuperado de: <http://www.bancomundial.org/es/topic/transport/overview#1>
- Del Águila (2011). Solucion de alto desempeño para la Construccion-Rehabilitacion de Pavimentos Aeroportuarios. Colombia. Recuperado de: https://www.icao.int/SAM/Documents/IX.ALACPA_Del%20Aguila-Rehabilitación%20de%20pavimentos%20de%20aeropuertos.pdf
- Gutiérrez (2013). Aplicación de Mezclas Asfálticas Tibias en México. México. Recuperado de: http://www.amaac.org.mx/archivos/eventos/8cma_2013/mezclas_asfalticas/mezclas02.pdf
- Martínez (2013). Variabilidad de la resistencia al deslizamiento de los firmes según las condiciones climáticas”. Perú.
- Minaya & Ordoñez (2016). Manual de laboratorio. Ensayos para pavimentos. Perú: Universidad nacional de ingeniería. 2001. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/RibBrian/03-manual-deensayosparapavimentos>
- Ministerio de ciencia e innovación (2012). Investigación de nuevas mezclas de baja energía para la rehabilitación superficial. España. Recuperado de: https://www.ugr.es/~labic/docs/actividad_1_1.pdf
- Ministerio de Transportes y comunicaciones (2013). Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción de Carreteras-EG-2013. Lima, Perú.

- Padilla (2004). Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pistas. México. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3334>
- PeruVias (2014). Proyecto sobre ruedas, Tratamiento adecuados de los Neumaticos Desechados. Lima, Perú. Recuperado de: <https://es.calameo.com/books/001525117810803ed5485>
- Ramírez (2006). Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco. Santiago de Chile.
- Reynier & Anadelys & Mirna (2016). Mezclas asfálticas de bajo impacto ambiental para la rehabilitación de las carreteras en Cuba. Cuba. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/323074472_Mezclas_asfalticas_de_bajo_impacto_ambiental_para_la_rehabilitacion_de_las_carreteras_en_Cuba
- Rondón & Reyes (2015). Pavimentos: materiales, construcción y diseño (1ed). Bogotá: Editorial Ecoe ediciones Ltda.
- Tacha, Huertas & Arévalo (2014). Diseño de una mezcla de Asfalto en Caliente MSC-25 Reciclada Modificada con Zeolita Sintética. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2024/1/DISE%C3%91O%20DE%20UNA%20MEZCLA%20DE%20ASFALTO%20EN%20CALIENTE%20MSC-25%20RECICLADA%20MODIFICADA%20CON%20ZEOLITA%20SINTETIC%20A.pdf>.
- Valeriano & Catacora (2017). Comportamiento del diseño de Mezcla Asfáltica tibia, con Adición de Zeolita para la Pavimentación de la Ciudad de Juliaca. Juliaca, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4985>.

ANEXOS

A. Certificado de uso de Laboratorio.

B. Manual de Carreteras y Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

C. Ensayo de Granulometría de los Agregados Gruesos y Finos, Cal y Zeolita Natural.

D. Caracterización del Agregado Grueso y Fino.

E. Ensayo de Mezcla Asfáltica Convencional.

F. Ensayo de Mezcla Asfáltica con Zeolita Natural.

G. Ficha de Seguridad del Cemento Asfáltico PEN 60-70

H. Certificado de Calibración de Equipos.

I. Costos unitarios de carpeta asfáltica convencional y con 0.5% zeolita natural

A. Certificado de uso de Laboratorio.

CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que las Srtas. Kelly Lizbeth Olano Mendez y Katia Stefanie Atoche Cabel, identificadas con D.N.I N° 71263037 y 46456554 respectivamente, han realizado los ensayos de análisis granulométrico, abrasión, absorción de agregados, caras fracturadas, equivalente de arena, índice de plasticidad, ensayo Marshall en las instalaciones de los laboratorios de **Concreto y Suelos** de esta universidad, requerido para la elaboración de tesis ***“Comportamiento de las propiedades físicas-mecánicas de una mezcla asfáltica semicaliente, modificada con Zeolita natural”***.

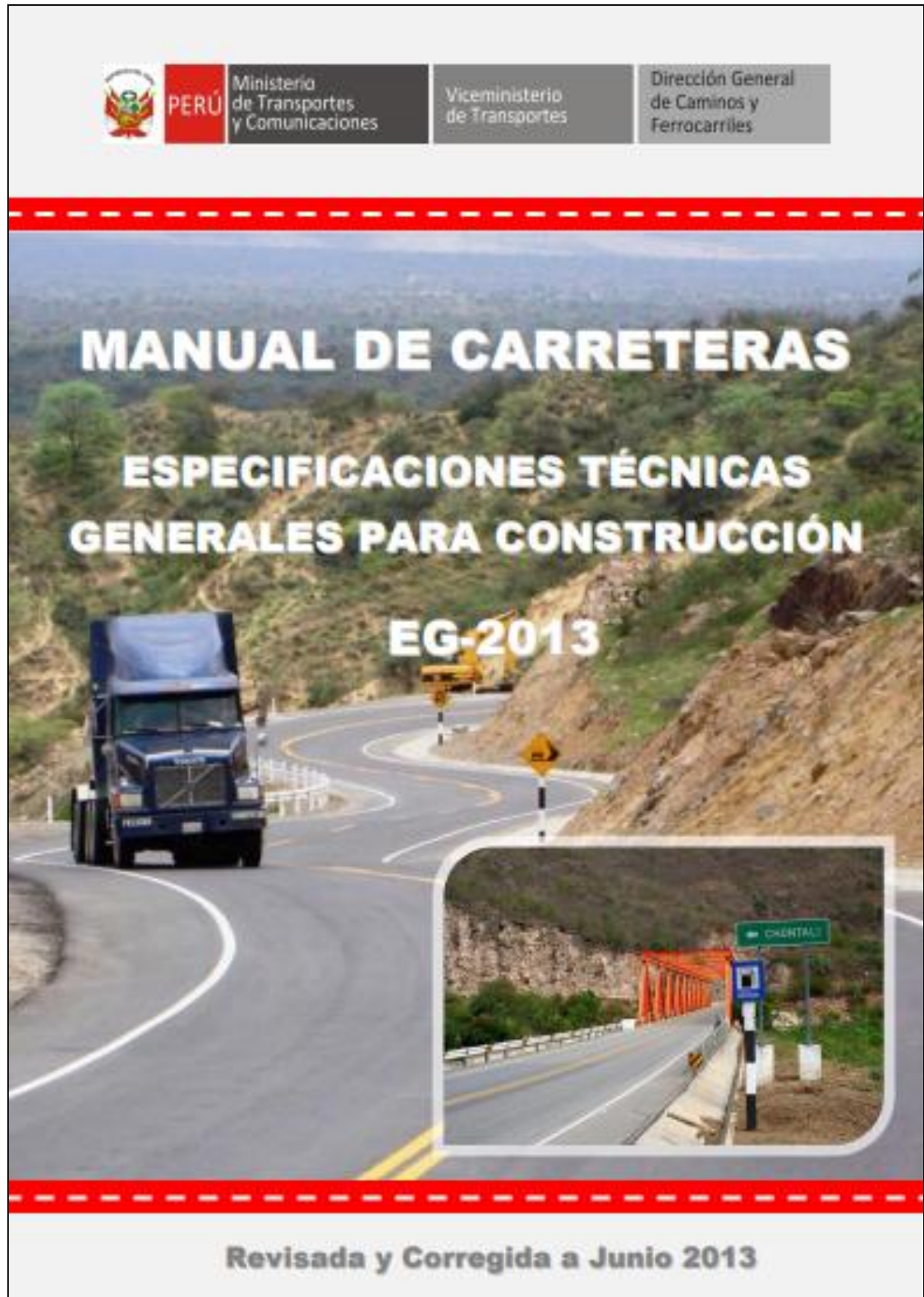
Se expide esta certificación a solicitud de las interesadas, para los fines que estimen conveniente.

Trujillo, 14 de diciembre del 2018



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

A. Manual de Carreteras y Manual de Ensayo de Materiales del MTC.





B. Ensayo de Granulometría de los Agregados Gruesos y Finos, Cal y Zeolita Natural.



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

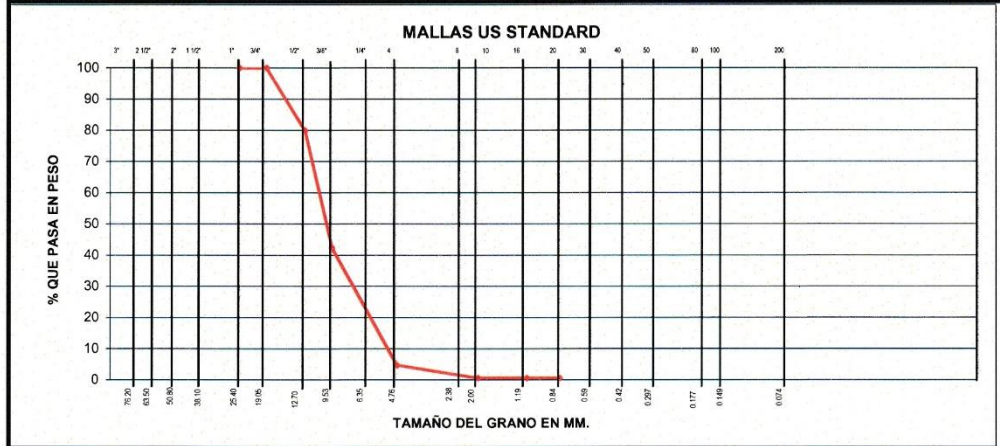
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	
MATERIAL	: Piedra Chancada	RESP. LAB. : S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones
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	TAMAÑO MAX 2"
1/2"	12.700	1015	20.1	20.1	79.9	PESO TOTAL = 5062.0 gr
3/8"	9.525	1902	37.6	57.6	42.4	RAC LAVADO:
1/4"	6.350					PESO SECO = 1000.0
N° 4	4.760	1904	37.6	95.2	4.8	PESO HUMEDO = 996.6
N° 8	2.380					HUMEDAD (%) = 0.34
N° 10	2.000	208	4.1	99.3	0.7	
N° 16	1.190	33	0.7	100.0		
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420					
N° 50	0.297					
N° 60	0.250					
N° 100	0.149					
N° 200	0.074					
PAN						
TOTAL						
% PERDIDA						



Observaciones :

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

Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

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

Secundino Durán Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 16927



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Piedra Chancada	RESP. LAB	: S.B.F
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-02

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100					100 - 100	
1"	25.400				100.0	75 - 95	TAMAÑO MAX.
3/4"	19.050			0.0	100.0	75 - 95	PESO TOTAL : 5905.0 gr
1/2"	12.700	1092	18.5	18.5	81.5		FRAG. LAVADO
3/8"	9.525	2320	39.3	57.8	42.2		PESO SECO = 800.0
1/4"	6.350						PESO HUMEDO = 796.8
N° 4	4.760	2253	38.2	95.9	4.1		HUMEDAD (%) = 0.40
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	203	3.4	99.4	0.6		
N° 16	1.190	37	0.6	100.0		50 - 85	OCR 95 %
N° 20	0.840					50 - 100	OCR 100 %
N° 30	0.590					25 - 60	OCR 100 %
N° 40	0.420					15 - 30	OCR 100 %
N° 50	0.297					10 - 20	SUC. 100 %
N° 60	0.250						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
PAN							
TOTAL							
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Buza Fernández
ING. ENIL
REG. CIP. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Piedra Chancada	RESP. LAB	: S.B.F
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

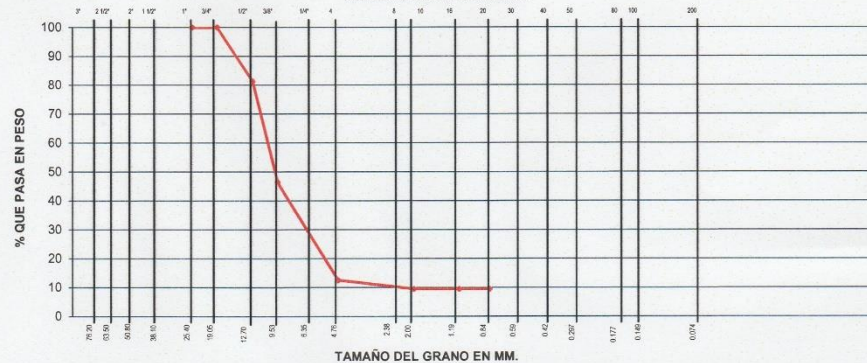
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-03

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200					GRAD	
2 1/2"	63.500					GRAD	
2"	50.800					GRAD	
1 1/2"	38.100					GRAD	
1"	25.400					GRAD	TAMAÑO MAX 2"
3/4"	19.050		0.0	0.0	100.0	GRAD	PESO TOTAL : 6658.0 gr
1/2"	12.700	1245	18.7	18.7	81.3	GRAD	FRAC. LAVADO :
3/8"	9.525	2320	34.8	53.5	46.5	100	PESO SECO = 900.0
1/4"	6.350					100	PESO HUMEDO = 896.8
N° 4	4.760	2253	33.8	87.4	12.6	100	HUMEDAD (%) = 0.36
N° 8	2.380					100	
N° 10	2.000	203	3.0	90.4	9.6	100	
N° 16	1.190	37	0.6	91.0		100	
N° 20	0.840					100	
N° 30	0.590					100	
N° 40	0.420					100	
N° 50	0.297					100	
N° 60	0.250					100	
N° 100	0.149					100	
N° 200	0.074					100	
PAN							
TOTAL							
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. C.P. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Piedra Chancada	RESP. LAB	: S.B.F
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

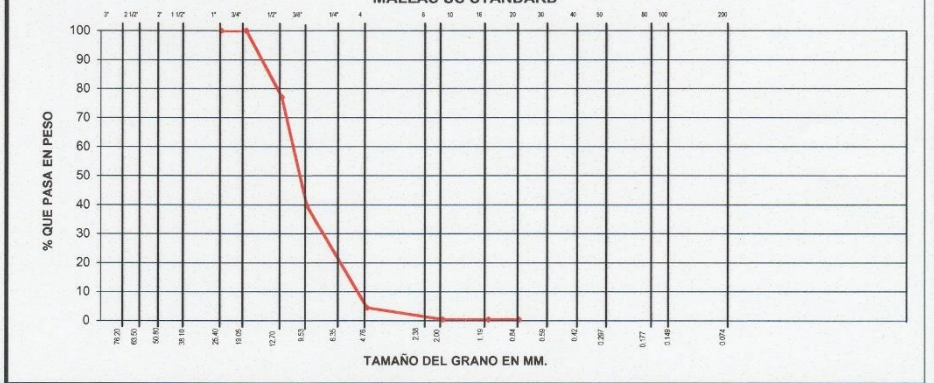
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-04

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200					GRAD	
2 1/2"	63.500					GRAD	
2"	50.800					GRAD	
1 1/2"	38.100					GRAD	
1"	25.400					GRAD	TAMAÑO MAX 2"
3/4"	19.050					GRAD	
1/2"	12.700	1369	22.8	22.8	77.2	GRAD	PESO TOTAL : 6000.0 gr
3/8"	9.525	2245	37.4	60.2	39.8	GRAD	PESO SECO = 900.0
1/4"	6.350					GRAD	PESO HUMEDO = 896.0
N° 4	4.760	2112	35.2	95.4	4.6	GRAD	HUMEDAD (%) = 0.45
N° 8	2.380					GRAD	
N° 10	2.000	242	4.0	99.5	0.5	GRAD	
N° 16	1.190	32	0.5	100.0		GRAD	
N° 20	0.840					GRAD	
N° 30	0.590					GRAD	
N° 40	0.420					GRAD	
N° 50	0.297					GRAD	
N° 60	0.250					GRAD	
N° 100	0.149					GRAD	
N° 200	0.074					GRAD	
PAN							
TOTAL							
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. QIP 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Piedra Chancada	RESP. LAB	: S.B.F
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel kattia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-05

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200					GRAD	
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						TAMAÑO MAX. 2"
3/4"	19.050		0.0		100.0		PESO TOTAL : 8200.0 gr
1/2"	12.700	1756	21.4	21.4	78.6		FRAC. LAVADO:
3/8"	9.525	2978	36.3	57.7	42.3	100	PESO SECO = 1000.0
1/4"	6.350						PESO HUMEDO = 996.9
N° 4	4.760	3081	37.6	95.3	4.7	95.3	HUMEDAD (%) = 0.31
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	286	3.5	98.8	1.2		
N° 16	1.190	21	0.3	99.1			
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420						
N° 60	0.297						
N° 60	0.250						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
PAN							
TOTAL							
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

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

Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

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

Secundino Burgos Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Piedra Chancada	RESP. LAB	: S.B.F
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel Katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

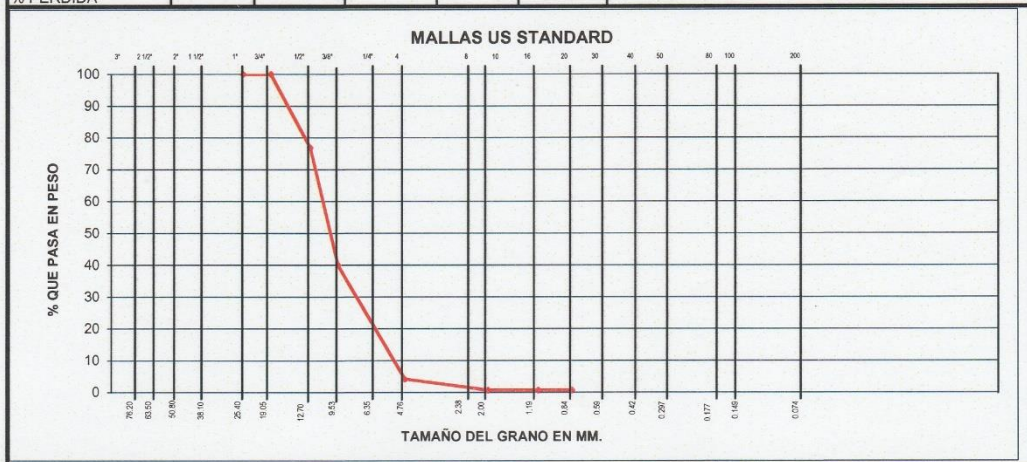
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-06

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200					GRAD.	
2 1/2"	63.500					GRAD.	
2"	50.800					GRAD.	
1 1/2"	38.100					GRAD.	
1"	25.400					GRAD.	TAMAÑO MAX. 2"
3/4"	19.050		0.0	0.0	100.0	GRAD.	PESO TOTAL : 8900.0 gr
1/2"	12.700	2056	23.1	23.1	76.9	GRAD.	FRAC. LAVADO:
3/8"	9.525	3276	36.8	59.9	40.1	100	PESO SECO = 900.0
1/4"	6.350		0.0	0.0	100.0	GRAD.	PESO HUMEDO = 897.6
N° 4	4.760	3191	35.9	95.8	4.2	95.8	HUMEDAD (%) = 0.27
N° 8	2.380					GRAD.	
N° 10	2.000	311	3.5	99.3	0.7	GRAD.	
N° 16	1.190	57	0.6	99.9		GRAD.	
N° 20	0.840					GRAD.	
N° 30	0.590					GRAD.	
N° 40	0.420					GRAD.	
N° 50	0.297					GRAD.	
N° 60	0.250					GRAD.	
N° 100	0.149					GRAD.	
N° 200	0.074					GRAD.	
PAN							
TOTAL							

% PERDIDA



Observaciones :

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

Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

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

Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. C.P. 16927B



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	
MATERIAL	: Piedra Chancada	RESP. LAB : S.B.F
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-07

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200					GRAD.	
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						TAMAÑO MAX. 2
3/4"	19.050		100	100	100.0		PESO TOTAL : 7500.0 gr
1/2"	12.700	1645	21.9	21.9	78.1		EFECTIVO LAVADO:
3/8"	9.525	2546	33.9	55.9	44.1	100	PESO SECO = 1000.0
1/4"	6.350		0.0	0.0	100.0		PESO HUMEDO = 997.6
N° 4	4.760	2978	39.7	95.6	4.4	100	HUMEDAD (%) = 0.24
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	316	4.2	99.8	0.2		
N° 16	1.190	64	0.9	100.7			
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420						
N° 50	0.297						
N° 60	0.250						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
PAN							
TOTAL							
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

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

Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

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

Secundino Burgos Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

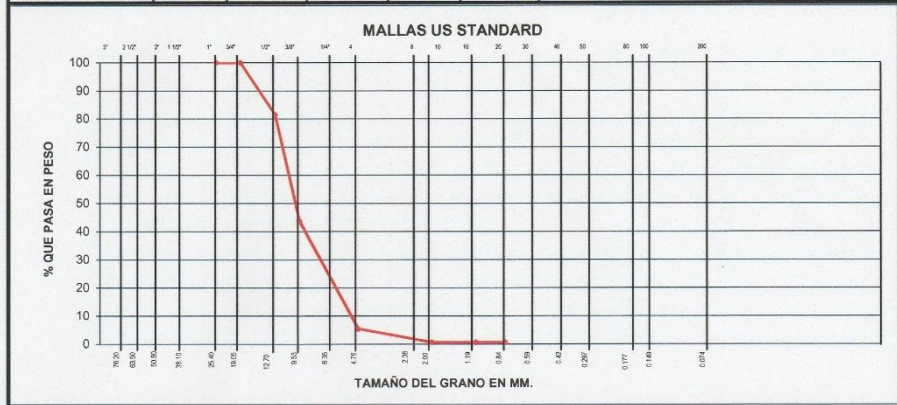
TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Piedra Chancada	RESP. LAB	: S.B.F
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-08

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200					100	
2 1/2"	63.500					100	
2"	50.800					100	
1 1/2"	38.700					100	
1"	25.400					100	
3/4"	19.050		0.0	0.0	100.0	100	TAMAÑO MAX 2"
1/2"	12.700	1256	18.5	18.5	81.5	100	PESO TOTAL : 6800.0 gr
3/8"	9.525	2561	37.7	56.1	43.9	100	FRAC. LAVADO:
1/4"	6.350						PESO SECO = 950.0
N° 4	4.760	2606	38.3	94.5	5.5	100	PESO HUMEDO = 948.0
N° 8	2.380						HUMEDAD (%) = 0.21
N° 10	2.000	328	4.8	99.3	0.7		
N° 16	1.190	41	0.6	99.9			
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420						
N° 50	0.297						
N° 60	0.250						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
PAN							
TOTAL							
% PERDIDA							



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Buzza Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	*Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019*.		
MATERIAL	: Piedra Chancada	RESP. LAB	: S.B.F
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

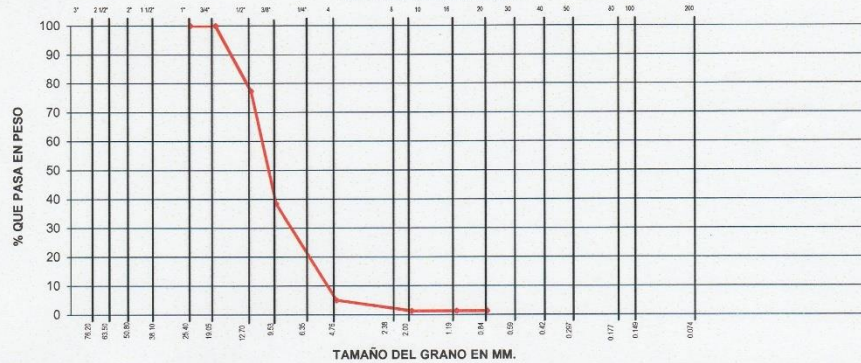
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-09

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200					GRAD	
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						TAMAÑO MAX. 2"
3/4"	19.050		0.0		100.0		PESO TOTAL : 6300.0 gr
1/2"	12.700	1423	22.6	22.6	77.4		FRAC. LAVADO:
3/8"	9.525	2445	38.8	61.4	38.6	100	PESO SECO = 900.0
1/4"	6.350						PESO HUMEDO = 896.9
N° 4	4.760	2108	33.5	94.9	5.1		HUMEDAD (%) = 0.35
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	238	3.8	98.6	1.4		
N° 16	1.190	29	0.5	99.1			
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420						
N° 50	0.297						
N° 60	0.250						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
PAN							
TOTAL							
% PERDIDA							

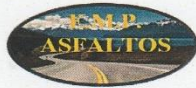
MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. Q.P. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	
MATERIAL	: Piedra Chancada	RESP. LAB : S.B.F
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-10

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200					GRAD.	
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						TAMAÑO MAX. 2"
3/4"	19.050		0.0	0.0	100.0	100	PESO TOTAL : 8100.0 gr
1/2"	12.700	1786	22.0	22.0	78.0	100	FRAC. LAVADO:
3/8"	9.525	3056	37.7	59.8	40.2	100	PESO SECO = 1000.0
1/4"	6.350						PESO HUMEDO = 997.5
N° 4	4.760	2878	35.5	95.3	4.7	100	HUMEDAD (%) = 0.25
N° 8	2.380					100	
N° 10	2.000	275	3.4	98.7	1.3		
N° 16	1.190	47	0.6	99.3			
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420						
N° 50	0.297						
N° 60	0.250						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						
PAN							
TOTAL							
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 159278



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

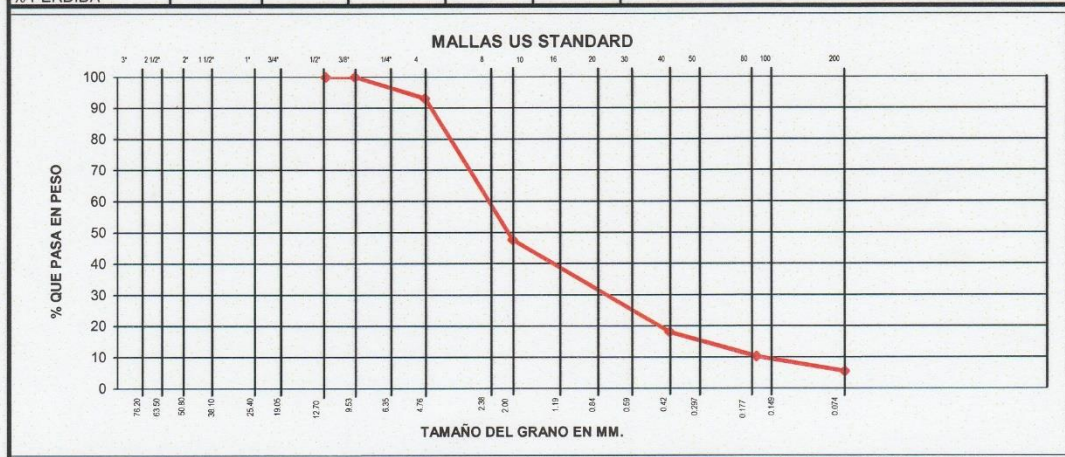
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Arena Chancada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200					GRAB.
2 1/2"	63.500					GRAB.
2"	50.800				100	
1 1/2"	38.100				100 - 100	7.0%
1"	25.400				100 - 100	23.1%
3/4"	19.050				100 - 95	
1/2"	12.700				100	PESO TOTAL = 600.0 gr
3/8"	9.525					
1/4"	6.350				100.0	PESO HUMEDO = 700.0
N° 4	4.760	41.7	7.0	7.0	93.1	PESO SECO = 692.2
N° 8	2.380					HUMEDAD (%) = 1.13
N° 10	2.000	271.9	45.3	52.3	47.7	
N° 16	1.190				47.7	
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	177.4	29.6	81.8	18.2	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	47.0	7.8	89.7	10.3	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	29.0	4.8	94.5	5.5	
PAN		33.0	5.5	100.0	0.0	
TOTAL						
% PERDIDA						



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

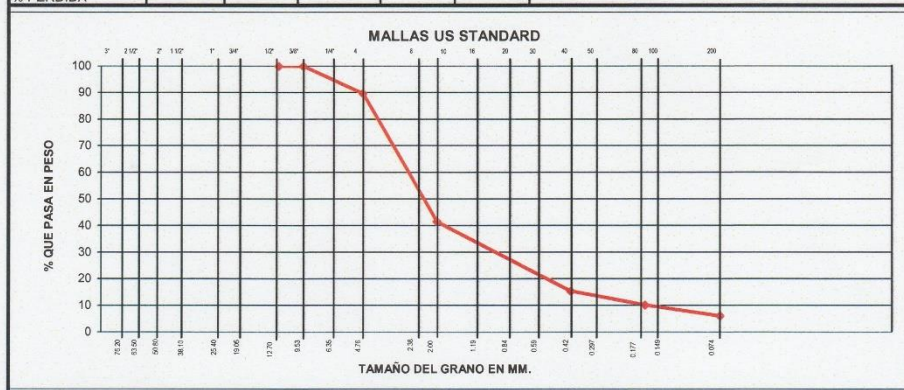
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019.		
MATERIAL	Arena Chancada	RESP. LAB	S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB	D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	M-02

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800				100	
1 1/2"	38.100				100 - 100	100.00
1"	25.400				100 - 100	100.00
3/4"	19.050				100 - 100	100.00
1/2"	12.700				100	
3/8"	9.525				100	
1/4"	6.350				100.0	
N° 4	4.760	61.7	10.3	10.3	89.7	PESO TOTAL = 600.0 gr
N° 8	2.380					PESO HUMEDO = 500.0
N° 10	2.000	289.2	48.2	58.5	41.5	PESO SECO = 495.1
N° 16	1.190					HUMEDAD (%) = 0.99
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	156.7	26.1	84.6	15.4	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	31.3	5.2	89.8	10.2	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	24.5	4.1	93.9	6.1	
PAN		36.6	6.1	100.0	0.0	
TOTAL						



Observaciones :

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

Darsy M. Avila Becerra
TECNICO LABORATORISTA

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

Secundino Burgos Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

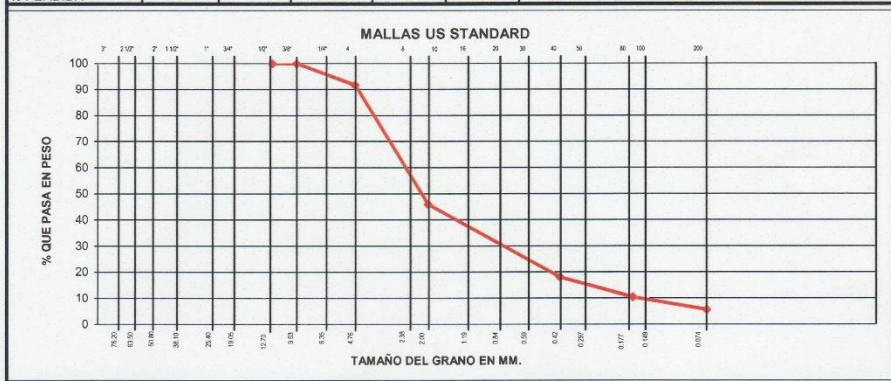
TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Arena Chancada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-03

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						PESO TOTAL = 600.0 gr
3/8"	9.525						
1/4"	6.350				100.0		PESO HUMEDO = 600.0
N° 4	4.760	49.7	8.3	8.3	91.7		PESO SECO = 593.9
N° 8	2.380		0.0	8.3			HUMEDAD (%) = 1.03
N° 10	2.000	274.5	45.8	54.0	46.0		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	166.9	27.8	81.9	18.2		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	45.6	7.6	89.5	10.6		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	28.9	4.8	94.3	5.7		
PAN		34.4	5.7	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundine Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. C.P. 169278



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

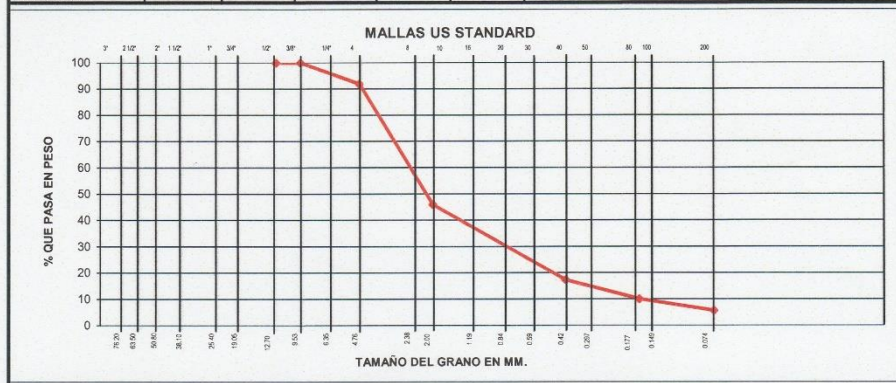
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019.		
MATERIAL	Arena Chancada	RESP. LAB :	S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA :	Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-04

DATOS DEL ENSAYO							TAMAÑO MAXIMO
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	
3"	76.200					GRAB	
2 1/2"	63.500					GRAB	
2"	50.800					100	
1 1/2"	38.100					100 - 100	5.0%
1"	25.400					100 - 100	5.0%
3/4"	19.050					100 - 95	
1/2"	12.700					100 - 95	
3/8"	9.525					100 - 95	
1/4"	6.350				100.0		PESO TOTAL = 700.0 gr
N° 4	4.760	56.0	8.0	8.0	92.0		PESO HUMEDO = 600.0
N° 8	2.380						PESO SECO = 593.1
N° 10	2.000	322.0	46.0	54.0	46.0		HUMEDAD (%) = 1.16
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	200.2	28.6	82.6	17.4		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	51.1	7.3	89.9	10.1		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	30.8	4.4	94.3	5.7		
PAN		39.9	5.7	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							





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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Arena Chancada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-05

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200				100	100	
2 1/2"	63.500				100	100	
2"	50.800				100	100	
1 1/2"	38.100				100	100	10.7%
1"	25.400				100	100	89.3%
3/4"	19.050				100	100	
1/2"	12.700				100	100	
3/8"	9.525				100	100	
1/4"	6.350				100	100	
N° 4	4.760	53.4	10.7	10.7	89.3	100.0	PESO TOTAL = 500.0 gr PESO HUMEDO = 500.0 PESO SECO = 494.6 HUMEDAD (%) = 1.09
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	220.1	44.0	54.7	45.3		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	144.2	28.8	83.5	16.5		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	33.9	6.8	90.3	9.7		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	27.0	5.4	94.6	5.4		
PAN				100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
.....
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
.....
Secundino Torres Fernández
ING. CIVIL
REG. C.P. 169278



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

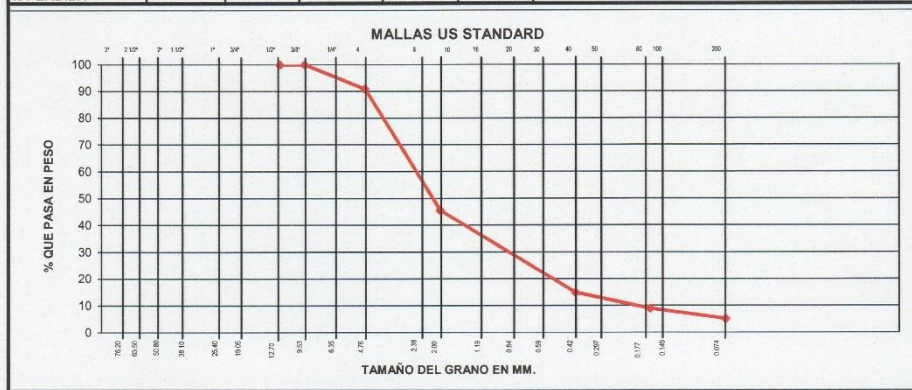
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019°.	
MATERIAL	Arena Chancada	RESP. LAB : S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel kattia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-06

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200					GRAD.
2 1/2"	63.500					100
2"	50.800					100 - 100 = 9.1%
1 1/2"	38.100					100 - 100 = 9.1%
1"	25.400					100 - 100 = 9.1%
3/4"	19.050					100 - 100 = 9.1%
1/2"	12.700					100 - 100 = 9.1%
3/8"	9.525					100 - 100 = 9.1%
1/4"	6.350				100.0	PESO TOTAL = 650.0 gr
N° 4	4.760	58.9	9.1	9.1	90.9	PESO HUMEDO = 650.0
N° 8	2.380					PESO SECO = 643.5
N° 10	2.000	294.6	45.3	54.4	45.6	HUMEDAD (%) = 1.01
N° 16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	199.2	30.6	85.0	15.0	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	38.8	6.0	91.0	9.0	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	24.8	3.8	94.8	5.2	
PAN		33.7	5.2	100.0	0.0	
TOTAL						
% PERDIDA						



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

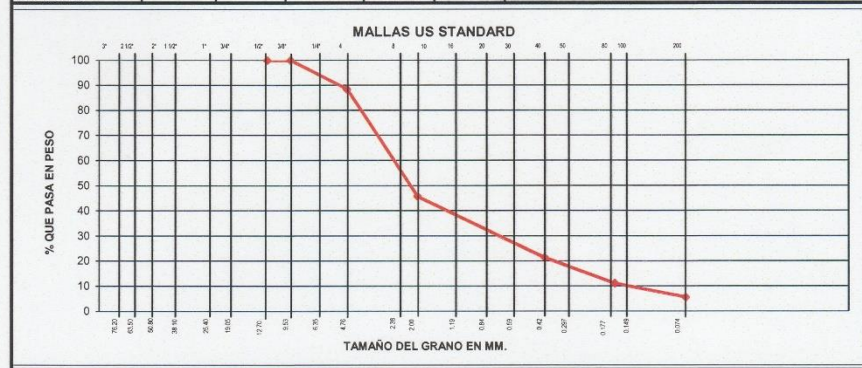
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Arena Chancada		RESP. LAB : S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro		TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie		FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-07

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N° 4	4.760	69.1	11.5	11.5	88.5	
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	256.1	42.7	54.2	45.8	
N° 16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	145.9	24.3	78.5	21.5	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	61.8	10.3	88.8	11.2	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	33.2	5.5	94.4	5.7	
PAN		33.9	5.7	100.0	0.0	
TOTAL						
% PERDIDA						



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.
Secundino Burgos Fernández
ING. CIVIL
REG. C.I.P. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

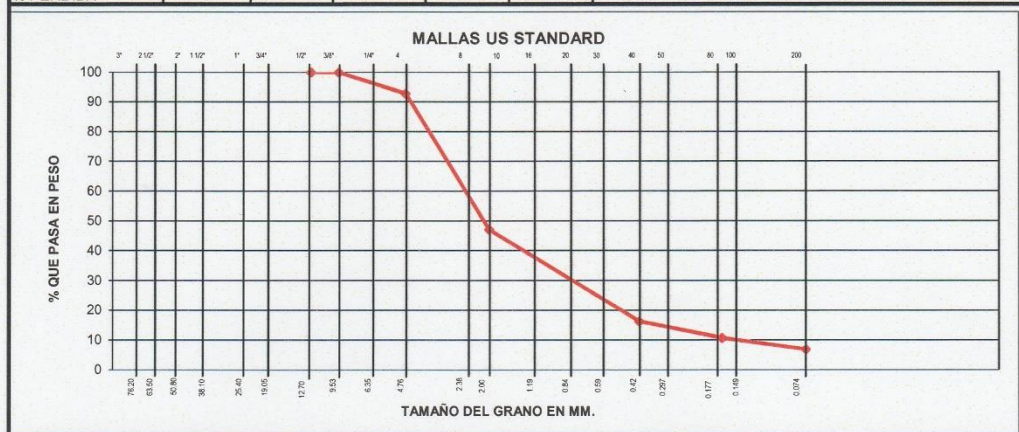
TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Arena Chancada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-08

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200					GRAD	
2 1/2"	63.500						
2"	50.800				100		
1 1/2"	38.100				100 = 100		7.2%
1"	25.400				92.8		30.3%
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						PESO TOTAL = 670.0 gr
3/8"	9.525						
1/4"	6.350				100.0		PESO HUMEDO = 550.0
N° 4	4.760	48.1	7.2	7.2	92.8		PESO SECO = 544.0
N° 8	2.380						HUMEDAD (%) = 1.10
N° 10	2.000	306.1	45.7	52.9	47.1		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	206.4	30.8	83.7	16.3		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	37.3	5.6	89.2	10.8		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	25.5	3.8	93.0	7.0		
PAN		46.6	7.0	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							




Observaciones :

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


Darsy M. Avila Becerra

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

Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. C.P. 109278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

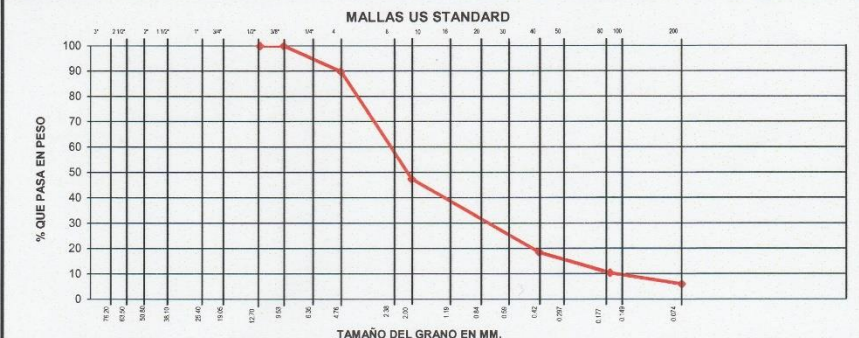
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019.		
MATERIAL	Arena Chancada		RESP. LAB : S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro		TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie		FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-09

DATOS DEL ENSAYO							
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200					100.0	
2 1/2"	63.500					100.0	
2"	50.800					100.0	
1 1/2"	38.100					100.0	10.117
1"	25.400					100.0	23.925
3/4"	19.050					100.0	33.925
1/2"	12.700					100.0	44.4
3/8"	9.525					100.0	55.7
1/4"	6.350					100.0	60.0
N° 4	4.760	55.7	10.1	10.1	89.9		600.0
N° 8	2.380	233.4	42.4	52.6	47.4		593.7
N° 10	2.000						1.06
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	159.1	28.9	81.5	18.5		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	44.4	8.1	89.6	10.4		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	24.3	4.4	94.0	6.0		
PAN		33.1	6.0	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



TAMAÑO DEL GRANO EN MM.

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. C.P. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019.		
MATERIAL	Arena Chancada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-10

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						PESO TOTAL = 650.0 gr
3/8"	9.525						
1/4"	6.350				100.0		PESO HUMEDO = 750.0
N° 4	4.760	49.1	7.6	7.6	92.4		PESO SECO = 742.3
N° 8	2.380						HUMEDAD (%) = 1.04
N° 10	2.000	295.8	45.5	53.1	46.9		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	177.6	27.3	80.4	19.6		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	65.1	10.0	90.4	9.6		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	25.9	4.0	94.4	5.6		
PAN		36.5	5.6	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							


MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Balsa Fernández
ING. CIVIL
REG. CU. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

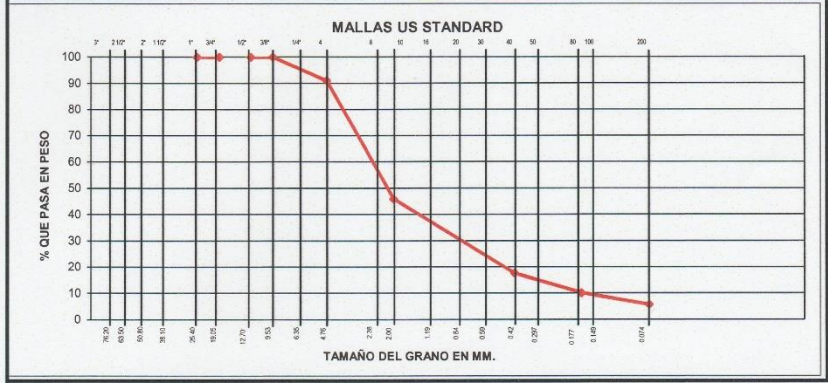
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019°.	
MATERIAL	Arena Chancada	RESP. LAB : S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	Promedio

DATOS DEL ENSAYO									
Tamices muestra	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	25.4	19.05	12.7	9.525	4.76	2	0.42	0.177	0.074
M1	100.0	100.0	100.0	100.0	93.1	47.7	18.2	10.3	5.5
M2	100.0	100.0	100.0	100.0	89.7	41.5	15.4	10.2	6.1
M3	100.0	100.0	100.0	100.0	91.7	46.0	18.2	10.6	5.7
M4	100.0	100.0	100.0	100.0	92.0	46.0	17.4	10.1	5.7
M5	100.0	100.0	100.0	100.0	89.3	45.3	16.5	9.7	5.4
M6	100.0	100.0	100.0	100.0	90.9	45.6	15.0	9.0	5.2
M7	100.0	100.0	100.0	100.0	88.5	45.8	21.5	11.2	5.7
M8	100.0	100.0	100.0	100.0	92.8	47.1	16.3	10.8	7.0
M9	100.0	100.0	100.0	100.0	89.9	47.4	18.5	10.4	6.0
M10	100.0	100.0	100.0	100.0	92.4	46.9	19.6	9.6	5.6
PROMEDIO	100.0	100.0	100.0	100.0	91.0	45.9	17.6	10.2	5.8

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino B. Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

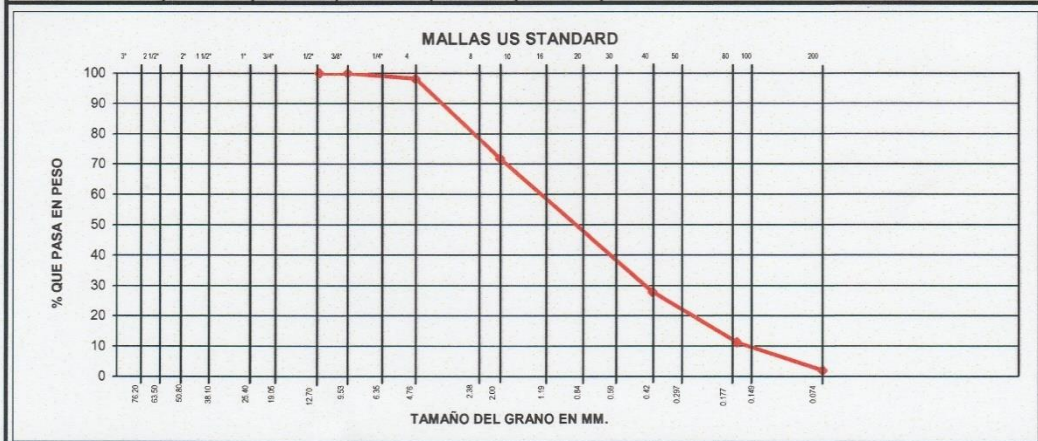
TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Arena Zarandeada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800					100	
1 1/2"	38.100					100 - 100	
1"	25.400					75 - 95	
3/4"	19.050					75 - 95	
1/2"	12.700						PESO TOTAL = 600.0 gr
3/8"	9.525				100.0		
1/4"	6.350		0.0	0.0			PESO HUMEDO = 700.0
N° 4	4.760	11.0	1.8	1.8	98.2		PESO SECO = 671.0
N° 8	2.380		0.0	1.8			HUMEDAD (%) = 4.32 %
N° 10	2.000	157.7	26.3	28.1	71.9	15 - 40	
N° 16	1.190		0.0	28.1			
N° 20	0.840		0.0	28.1			
N° 30	0.590		0.0	28.1			
N° 40	0.420	263.5	43.9	72.0	28.0		
N° 50	0.297		0.0	72.0			
N° 80	0.177	99.9	16.7	88.7	11.3		
N° 100	0.149		0.0	88.7			
N° 200	0.074	55.5	9.3	97.9	2.1		
PAN		12.4	2.1	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

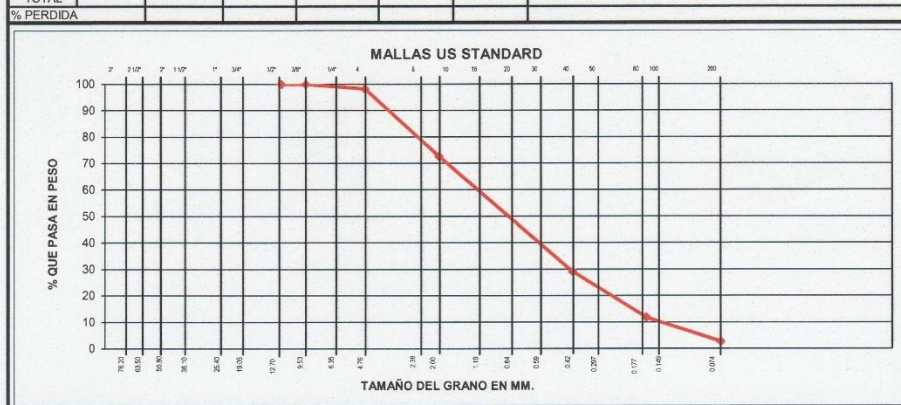
TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Arena Zarandeada	RESP. LAB.	S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-02

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	10.5	1.8	1.8	98.3		PESO TOTAL = 600.0 gr
N° 8	2.380	17.1	2.9	4.7	97.1		PESO HUMEDO = 660.0
N° 10	2.000	153.2	25.5	27.3	72.7		PESO SECO = 650.0
N° 16	1.190						HUMEDAD (%) = 4.62 %
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	261.0	43.5	70.8	29.2		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	103.9	17.3	88.1	11.9		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	54.6	9.1	97.2	2.8		
PAN		16.8	2.8	100.0	0.0		
TOTAL							



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Quispe Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Arena Zarandeada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

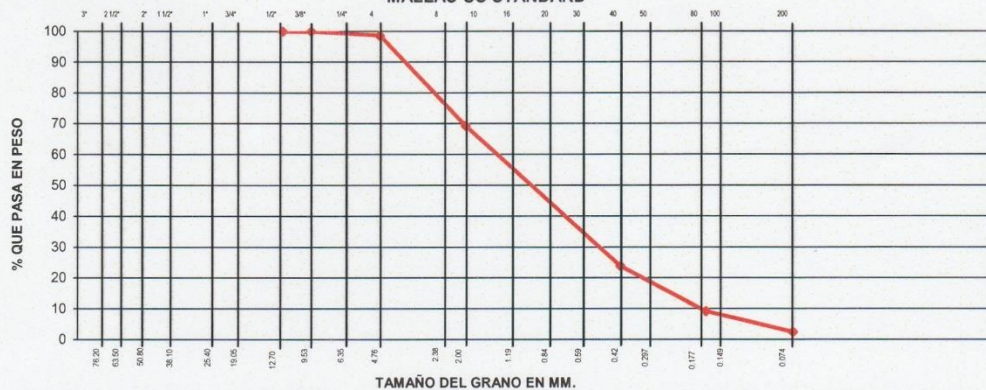
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-03

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800					100	
1 1/2"	38.100					100 - 100	
1"	25.400					75 - 95	98.6%
3/4"	19.050					85 - 95	
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.0		PESO TOTAL = 600.0 gr
1/4"	6.350		0.0				PESO HUMEDO = 675.0
N° 4	4.760	8.2	1.4	1.4	98.6		PESO SECO = 648.0
N° 8	2.380		0.0	1.4			HUMEDAD (%) = 4.17%
N° 10	2.000	175.8	29.3	30.7	69.3	15 - 40	
N° 16	1.190		0.0	30.7			
N° 20	0.840		0.0	30.7			
N° 30	0.590		0.0	30.7			
N° 40	0.420	272.7	45.5	76.1	23.9		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	87.9	14.7	90.8	9.2		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	40.4	6.7	97.5	2.5		
PAN		15.0	2.5	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burza Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 160278



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

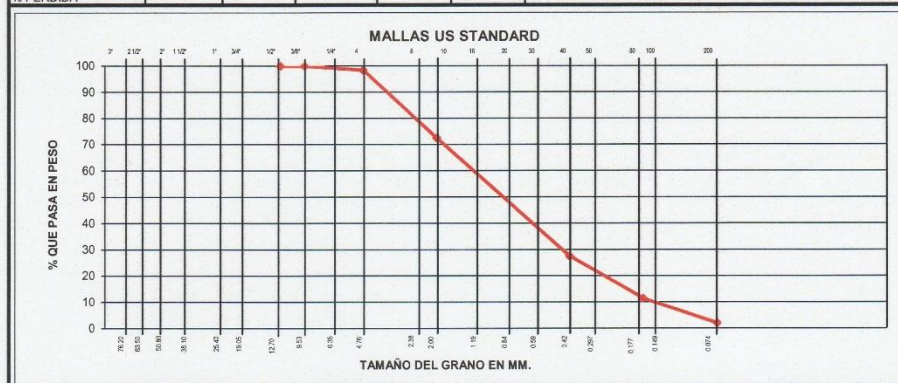
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Arena Zarandeada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-04

DATOS DEL ENSAYO							TAMAÑO MAXIMO
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800					100	
1 1/2"	38.100					100 - 100	
1"	25.400					75 - 95	
3/4"	19.050					75	
1/2"	12.700					75	
3/8"	9.525				100.0		PESO TOTAL = 700.0 gr
1/4"	6.350						PESO HUMEDO = 642.0
N° 4	4.760	11.2	1.6	1.6	98.4		PESO SECO = 615.0
N° 8	2.380						HUMEDAD (%) = 4.39 %
N° 10	2.000	181.3	25.9	27.5	72.5	15 - 20	
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	314.3	44.9	72.4	27.6		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	112.7	16.1	88.5	11.5		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	65.8	9.4	97.9	2.1		
PAN		14.7	2.1	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burgos Fernández
REG. CIP 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

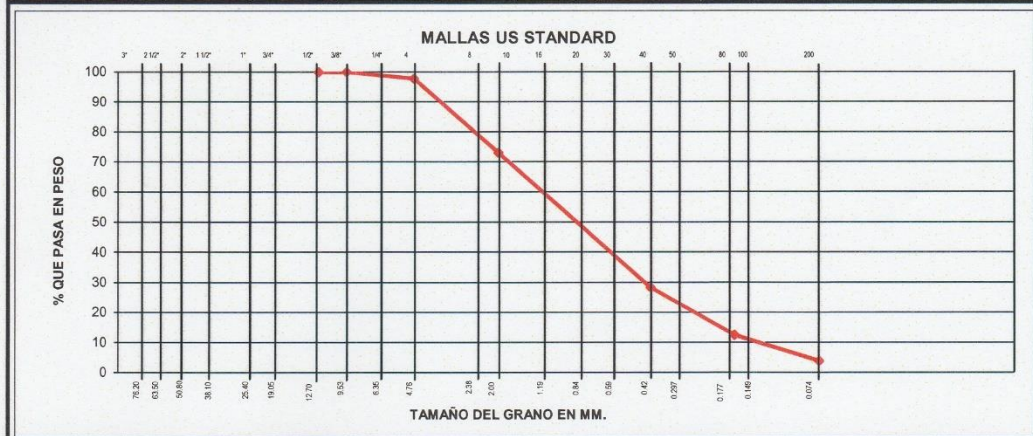
TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Arena Zarandeada	RESP. LAB.	S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-05

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MÁXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800					100	
1 1/2"	38.100					100 - 100	
1"	25.400					75 - 95	0.75mm
3/4"	19.050					45 - 60	
1/2"	12.700						PESO TOTAL = 600.0 gr
3/8"	9.525				100.0		PESO HUMEDO = 638.0
1/4"	6.350						PESO SECO = 610.0
N° 4	4.750	13.4	2.2	2.2	97.8		HUMEDAD (%) = 4.59 %
N° 8	2.380		0.0	2.2			
N° 10	2.000	148.1	24.7	26.9	73.1	15 - 20	
N° 16	1.190		0	26.9			
N° 20	0.840			28.1			
N° 30	0.590			39			
N° 40	0.420	268.9	44.8	71.7	28.3		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	94.2	15.7	87.4	12.6		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	52.0	8.7	96.1	3.9		
PAN		23.4	3.9	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Parra Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP: 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

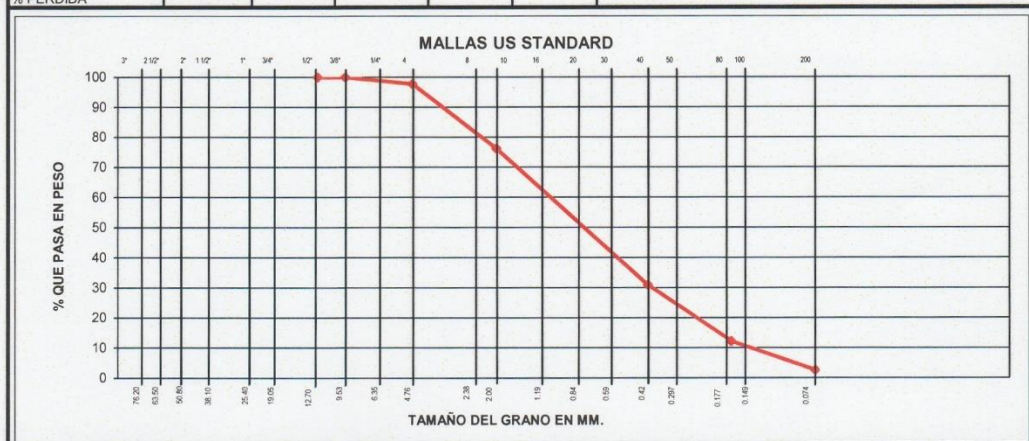
TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Arena Zarandeada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-07

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800					100	
1 1/2"	38.100					100 - 100	
1"	25.400					76 - 95	97.8%
3/4"	19.050					76 - 95	
1/2"	12.700						PESO TOTAL = 650.0 gr
3/8"	9.525				100.0		
1/4"	6.350		0.0				PESO HUMEDO = 614.0
N° 4	4.760	14.6	2.2	2.2	97.8		PESO SECO = 585.0
N° 8	2.380		0.0	2.2			HUMEDAD (%) = 4.96 %
N° 10	2.000	139.9	21.5	23.8	76.2	15 - 40	
N° 16	1.190		0.0	23.8			
N° 20	0.840		0.0	23.8			
N° 30	0.590		0.0	23.8			
N° 40	0.420	294.1	45.2	69.0	31.0		
N° 50	0.297		0.0	69.0			
N° 80	0.177	121.3	18.7	87.7	12.3		
N° 100	0.149		0.0	87.7			
N° 200	0.074	62.4	9.6	97.3	2.7		
PAN		17.7	2.7	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burgos Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019.		
MATERIAL	Arena Zarandeada	RESP. LAB	S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	Setiembre 2018


DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	M-08

DATOS DEL ENSAYO							TAMAÑO MAXIMO
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800					100	100
1 1/2"	38.100					100	100
1"	25.400					100	100
3/4"	19.050					100	100
1/2"	12.700					100	100
3/8"	9.525				100.0		PESO TOTAL = 650.0 gr
1/4"	6.350						PESO HUMEDO = 625.0
N° 4	4.760	15.3	2.4	2.4	97.6		PESO SECO = 601.0
N° 8	2.380		0.0	2.4			HUMEDAD (%) = 3.99 %
N° 10	2.000	159.7	24.6	26.9	73.1	15	
N° 16	1.190		0.0	26.9			
N° 20	0.840		0.0	26.9			
N° 30	0.590		0.0	26.9			
N° 40	0.420	301.3	46.4	73.3	26.7		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	94.1	14.5	87.8	12.2		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	58.6	9.0	96.8	3.2		
PAN		21.0	3.2	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							





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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

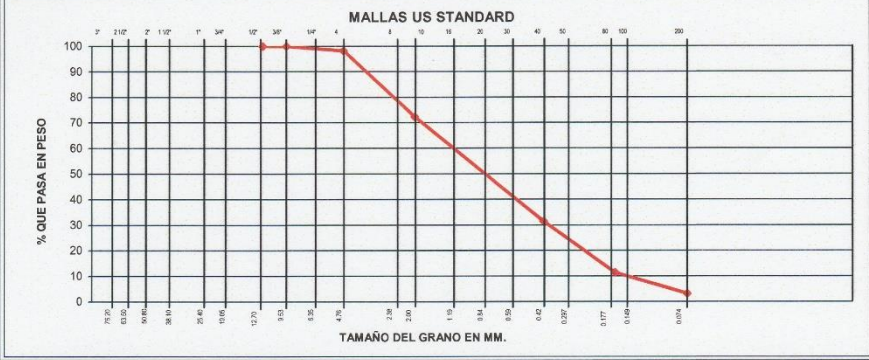
TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Arena Zarandeada		RESP. LAB : S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro		TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie		FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-09

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525				100.0		PESO TOTAL = 650.0 gr
1/4"	6.350		0.0				PESO HUMEDO = 618.0
N° 4	4.760	11.6	1.8	1.8	98.2		PESO SECO = 590.0
N° 8	2.380	0.0	0.0	1.8			HUMEDAD (%) = 4.75 %
N° 10	2.000	168.1	25.9	27.6	72.4	15	
N° 16	1.190	0.0	0.0	27.6			
N° 20	0.840	0.0	0.0	27.6			
N° 30	0.590	0.0	0.0	27.6			
N° 40	0.420	265.3	40.8	68.5	31.5		
N° 50	0.297						
N° 60	0.177	130.8	20.1	88.6	11.4		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	53.1	8.2	96.8	3.2		
PAN		21.1	3.2	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							



MALLAS US STANDARD

% QUE PASA EN PESO

TAMAÑO DEL GRANO EN MM.

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Torres Fernández
REG. CIP. 104778



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

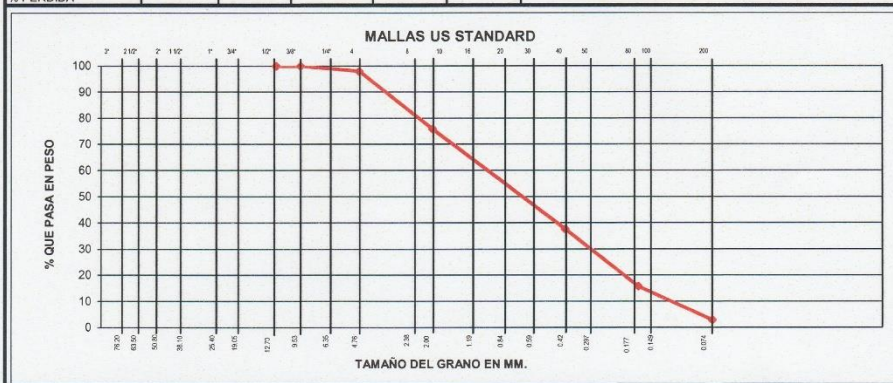
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Arena Zarandeada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-10


DATOS DEL ENSAYO							TAMAÑO MAXIMO
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800					100	
1 1/2"	38.100					100 - 100	
1"	25.400					99 - 95	98 - 95
3/4"	19.050					98 - 90	
1/2"	12.700					95 - 85	
3/8"	9.525				100.0		PESO TOTAL = 670.0 gr
1/4"	6.350						PESO HUMEDO = 610.0
N° 4	4.760	13.5	2.0	2.0	98.0		PESO SECO = 585.0
N° 8	2.380						HUMEDAD (%) = 4.27 %
N° 10	2.000	148.3	22.1	24.1	75.9	10 - 30	
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	255.6	38.1	62.3	37.7		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	146.8	21.9	84.2	15.8		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	86.1	12.9	97.1	2.9		
PAN		19.7	2.9	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							




Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burgos Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 109278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas - Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 - RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

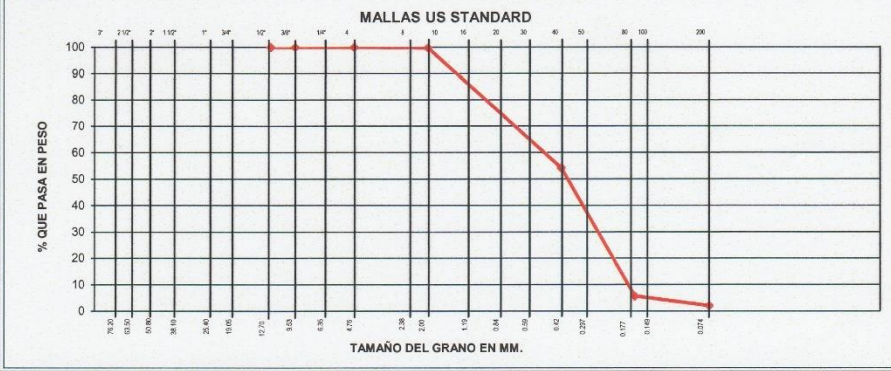
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Arena Fina (Arenilla)	RESP. LAB :	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N° 4	4.760				100.0	
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	1.2	0.2	0.2	99.8	
N° 16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	273.3	45.6	45.8	54.3	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	291.2	48.5	94.3	5.7	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	21.7	3.6	97.9	2.1	
PAN		12.6	2.1	100.0	0.0	
TOTAL						
% PERDIDA						

MALLAS US STANDARD




TAMAÑO DEL GRANO EN MM.


Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
INGENIERO CIVIL
REG. C. 1169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

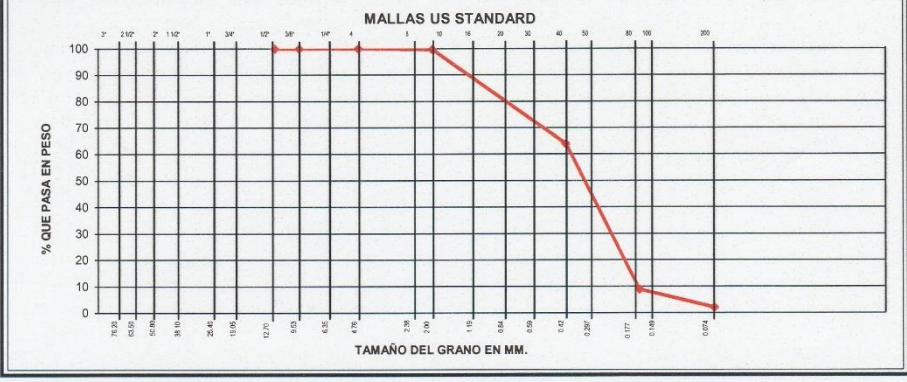
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	
MATERIAL	: Arena Fina (Arenilla)	RESP. LAB : S.B.F. TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-02

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N° 4	4.750				100.0	
N° 8	2.360				100.0	
N° 10	2.000	1.6	0.3	0.3	99.7	100.0 - 0.3
N° 16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	214.4	35.7	36.0	64.0	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	330.3	55.1	91.1	9.0	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	40.8	6.8	97.9	2.2	
PAN		12.9	2.2	100.0	0.0	
TOTAL						
% PERDIDA						

MALLAS US STANDARD



TAMAÑO DEL GRANO EN MM.

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Cuelga Fernández
ING. CIVIL
REG. C.I.P. 109278



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

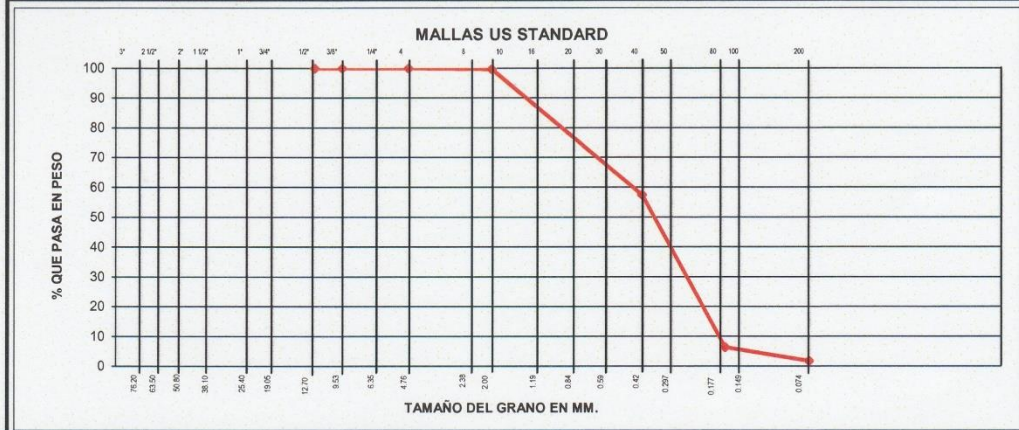
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Arena Fina (Arenilla)	RESP. LAB.	S.B.F.
		TEC. LAB.	D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-03


DATOS DEL ENSAYO							TAMAÑO MAXIMO
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800					100	
1 1/2"	38.100					100	100
1"	25.400					100	100
3/4"	19.050					100	100
1/2"	12.700					100	100
3/8"	9.525					100	100
1/4"	6.350		0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL = 700 gr
N° 4	4.760		0.0	0.0	100.0		PESO HUMEDO = 700.0
N° 8	2.380		0.0	0.0	100.0		PESO SECO = 690.0
N° 10	2.000	2.1	0.3	0.3	99.7	15 - 10	HUMEDAD (%) = 1.45 %
N° 16	1.190		0.0	0.0	100.0		
N° 20	0.840		0.0	0.0	100.0		
N° 30	0.590		0.0	0.0	100.0		
N° 40	0.420	295.4	42.2	42.5	57.5		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	357.7	51.1	93.6	6.4		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	31.8	4.5	98.1	1.9		
PAN		13.0	1.9	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							




Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

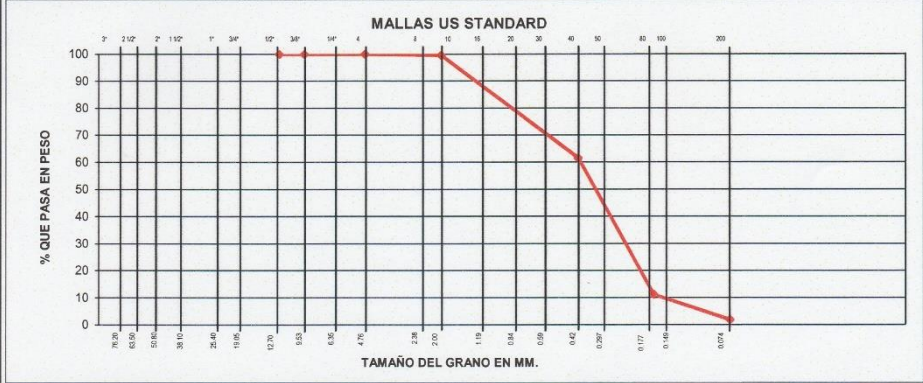
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Arena Fina (Arenilla)	RESP. LAB.	: S.B.F.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel kattia Stefanie	TEC. LAB.	: D.A.B.
		FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-04

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N° 4	4.760				100.0	
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	2.4	0.4	0.4	99.6	
N° 16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	228.1	38.0	38.4	61.6	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	301.9	50.3	88.7	11.3	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	55.9	9.3	98.1	2.0	
PAN		11.7	2.0	100.0	0.0	
TOTAL						
% PERDIDA						

MALLAS US STANDARD




TAMAÑO DEL GRANO EN MM.


Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. C.P. 109278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas - Chiclayo, Telf. (024) 619319,
RPM # 948 852 622 - RPC 954 131 476, E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búsquenos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplelaboratorios.com

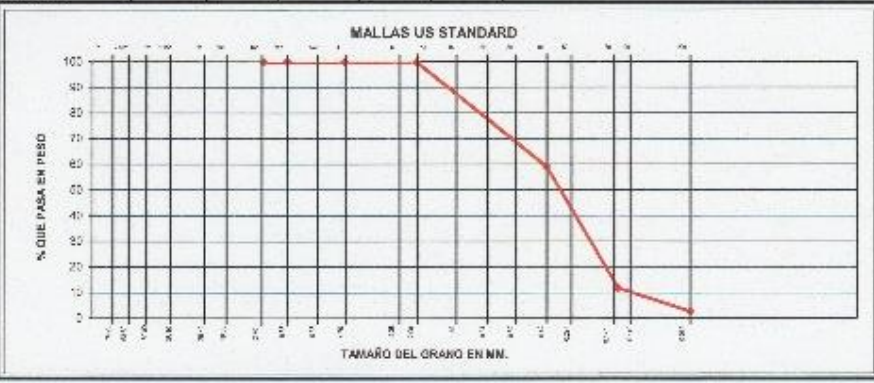
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2018		
MATERIAL	Asfalto Fina (Anillo)		RESP. LAB. : S.E.F. TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Méndez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel Kalfa Stefania		FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA							
MUESTRA	: M-05						

DATOS DEL ENSAYO							
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Espectivaciones	TAMARO MAXIMO
5"	125.00						
7 1/2"	190.50						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.500						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
Nº 10	1.750				99.7		PESO TOTAL = 510.0 g
Nº 20	0.850						PESO HUMEDO = 620.0
Nº 40	0.425	219.5	43.0	40.8	55.1		PESO SECO = 462.1
Nº 60	0.250						HUMEDAD (%) = 35.5
Nº 80	0.175	275.3	54.0	57.2	42.8		
Nº 100	0.148						
Nº 200	0.075	54.0	10.6	67.8	32.2		
PAVA		18.3	3.6	71.4	28.6		
TOTAL							

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Doray M. Avila Socetta
TÉCNICO LABORATORIALISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Suardino Espino Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Arena Fina (Arenilla)	RESP. LAB	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-06

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800				100		
1 1/2"	38.100				100	100 - 100	
1"	25.400				75	95	100 - 100
3/4"	19.050				45	95	
1/2"	12.700						PESO TOTAL = 650 gr
3/8"	9.525						PESO HUMEDO = 700.0
1/4"	6.350		0.0	0.0	100.0	100	PESO SECO = 690.3
N° 4	4.760		0.0	0.0	100.0	100	HUMEDAD (%) = 1.41 %
N° 8	2.380		0.0	0.0			
N° 10	2.000	2.0	0.3	0.3	99.7	15 - 40	
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	284.3	43.7	44.0	56.0		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	295.1	45.4	89.4	10.6		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	56.0	8.6	98.1	1.9		
PAN		12.6	1.9	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Buzza Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

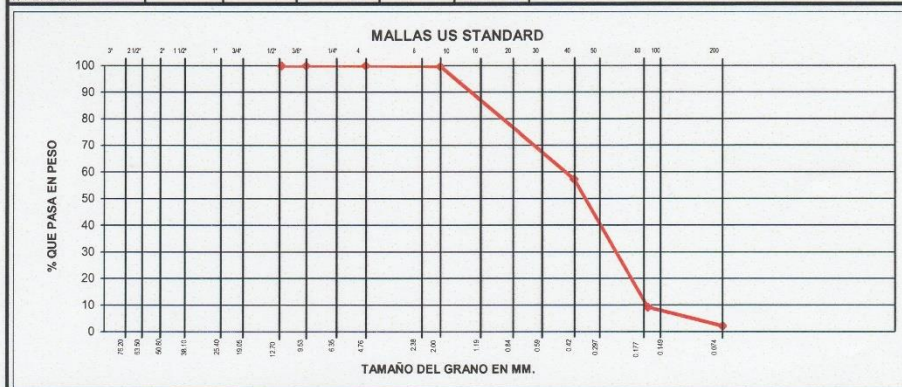
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Arena Fina (Arenilla)	RESP. LAB. :	S.B.F.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel kattia Stefanie	TEC. LAB. :	D.A.B.
		FECHA :	Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-07


DATOS DEL ENSAYO							TAMAÑO MAXIMO
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800					100	
1 1/2"	38.100					100 - 100	
1"	25.400					75 - 75	
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						PESO TOTAL = 680.0 gr
3/8"	9.525						
1/4"	6.350		0.0				PESO HUMEDO = 700.0
N° 4	4.760		0.0		100.0		PESO SECO = 690.7
N° 8	2.380		0.0	0.0			HUMEDAD (%) = 1.35 %
N° 10	2.000	1.7	0.3	0.3	99.8	15 - 40	
N° 16	1.190		0.0	0.0			
N° 20	0.840		0.0	0.0			
N° 30	0.590		0.0	0.0			
N° 40	0.420	288.4	42.4	42.7	57.3		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	326.7	48.0	90.7	9.3		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	48.0	7.1	97.8	2.2		
PAN		15.2	2.2	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							




Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darys M. Avila Becerra
Darys M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Buzga Fernández
Secundino Buzga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

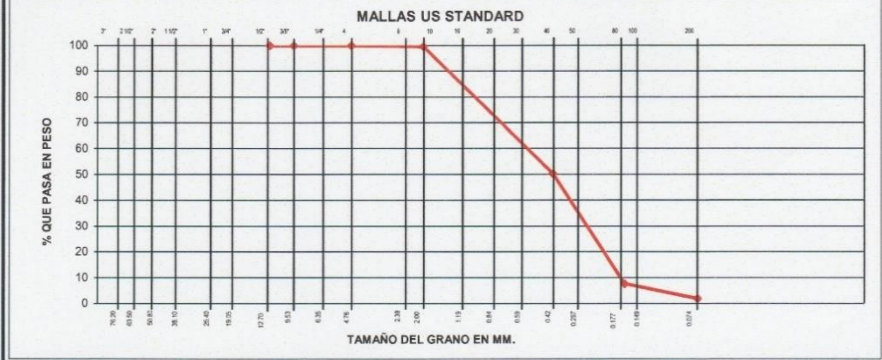
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019*.		
MATERIAL	Arena Fina (Arenilla)	RESP. LAB.	S.B.F.
		TEC. LAB.	D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	M-08

DATOS DEL ENSAYO							
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MAXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						PESO TOTAL = 700.0 gr
3/8"	9.525						PESO HUMEDO = 650.0
1/4"	6.350						PESO SECO = 642.0
N° 4	4.760				100.0		HUMEDAD (%) = 1.25 %
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	2.9	0.4	0.4	99.6		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	344.6	49.2	49.6	50.4		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	298.6	42.7	92.3	7.7		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	40.2	5.7	98.1	1.9		
PAN		13.5	1.9	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							


MALLAS US STANDARD




Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burgos Fernández
ING. CIVIL
REG. C.P. 109278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

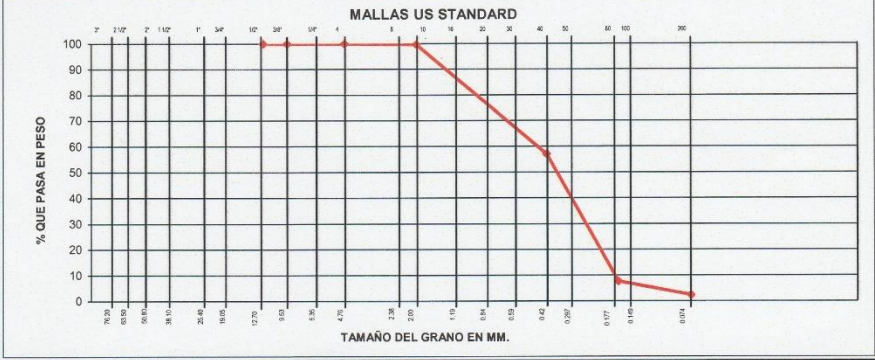
TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Arena Fina (Arenilla)	RESP. LAB	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel Katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-09

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N° 4	4.760				100.0	
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	1.8	0.3	0.3	99.7	
N° 16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	255.3	42.6	42.9	57.2	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	296.4	49.4	92.3	7.8	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	31.7	5.3	97.5	2.5	
PAN		14.8	2.5	100.0	0.0	
TOTAL						
% PERDIDA						

PESO TOTAL = 600.0 gr
PESO HUMEDO = 600.0
PESO SECO = 593.3
HUMEDAD (%) = 1.13 %

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Buita Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 159278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019*.		
MATERIAL	Arena Fina (Arenilla)	RESP. LAB.	S.B.F.
		TEC. LAB.	D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	Setiembre 2018


DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-10

DATOS DEL ENSAYO							TAMAÑO MAXIMO
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
N° 4	4.760				100.0		
N° 8	2.380				99.6		
N° 10	2.000	2.5	0.4	0.4	99.6		
N° 16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.420	281.4	49.4	49.8	50.2		
N° 50	0.297						
N° 80	0.177	230.1	40.4	90.2	9.8		
N° 100	0.149						
N° 200	0.074	44.2	7.8	97.9	2.1		
PAN		11.8	2.1	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							





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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019*.		
MATERIAL	Arena Fina (Arenilla)		RESP. LAB : S.B.F.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie		TEC. LAB. : D.A.B.
			FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: Promedio

DATOS DEL ENSAYO									
Famices muestra	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	25.4	19.05	12.7	9.525	4.76	2	0.42	0.177	0.074
M1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	54.3	5.7	2.1
M2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	64.0	9.0	2.2
M3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	57.5	6.4	1.9
M4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	61.6	11.3	2.0
M5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	59.1	11.9	2.8
M6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	56.0	10.6	1.9
M7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	57.3	9.3	2.2
M8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	50.4	9.3	1.9
M9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	57.2	7.8	2.5
M10	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	50.2	9.8	2.1
PROMEDIO	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	56.7	9.1	2.1

MALLAS US STANDARD



TAMAÑO DEL GRANO EN MM.

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Durán Fernández
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 139278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

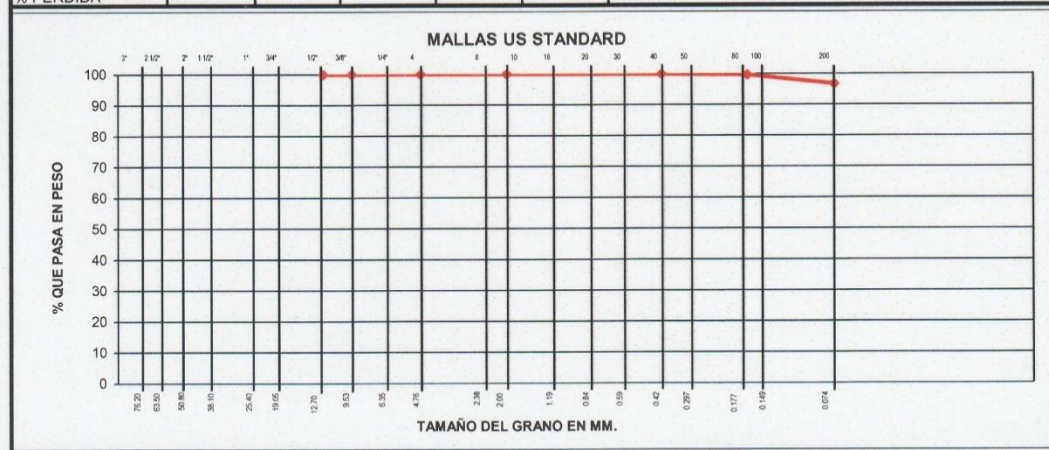
TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Filler (ca)	RESP. LAB :	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA :	Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	Especificaciones	TAMAÑO MÁXIMO
3"	76.200						
2 1/2"	63.500					A	
2"	50.800				100		
1 1/2"	38.100				100 - 100		
1"	25.400				75 - 95		100.0%
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						PESO TOTAL : 500.0 gr
3/8"	9.525	0	0.0	0.0	100.0		PESO HUMEDO : 1135
1/4"	6.350	0	0.0	0.0	100.0		PESO SECO : 1135
N° 4	4.760	0	0.0	0.0	100.0		CANT. DE AGUA : 14.70
N° 8	2.380	0	0.0	0.0	100.0		CONT. HUMEDAD: 1.24%
N° 10	2.000	0	0.0	0.0	100.0	15 - 40	
N° 16	1.190	0	0.0	0.0	100.0		
N° 20	0.840	0	0.0	0.0	100.0		
N° 30	0.590	0	0.0	0.0	100.0		
N° 40	0.420	0	0.0	0.0	100.0		
N° 50	0.297	0	0.0	0.0	100.0		
N° 80	0.177	1.4	0.3	0.3	99.7		
N° 100	0.149	0	0.0	0.0	100.0		
N° 200	0.074	14.5	2.9	3.2	96.8		
PAN		484.1	96.8	100.0	0.0		
TOTAL							
% PERDIDA							



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO AGREGADO FINO
(MTC E 204)**

Proyecto: "COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS-MECANICAS DE UNA MEZCLA ASFALTICA SEMICALIENTE, MODIFICADA CON ZEOLITA NATURA, CHIMBOTE 2019".

Ubicación: Laboratorio de Suelos y Pavimentos UPN

Tesistas: Kelly Olano y Katia Atoche.

Material: Zeolita Natural

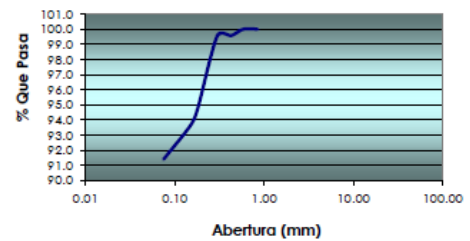
Fecha: Julio 2018

Tamiz N°	Abert. (mm)	Peso Retenido	% Peso Ret	% Peso Ret Ac	% Que Pasa
2 1/2"	62.7000				
2"	50.0000				
1 1/2"	37.5000				
1"	25.0000				
3/4"	19.0000				
1/2"	12.7000				
3/8"	9.5000				
Nº 4	4.7500				
Nº 8	2.3800				
Nº 10	2.0000				
Nº 16	1.1900				
Nº 20	0.8400				100.00
Nº 30	0.5900				100.00
Nº 40	0.4250	2.13	0.43	0.43	99.57
Nº 50	0.3000	0.00	0.00	0.43	99.57
Nº 80	0.1800	24.30	4.86	5.29	94.71
Nº 100	0.1500	5.40	1.08	6.37	93.63
Nº 200	0.0750	11.20	2.24	8.61	91.39
Plato		450.30	90.06	100.0	0.00
Σ		500.00	100.00		

Datos de la Muestra:

Partes secado: 500.00 gr

Curva Granulométrica



C. Caracterización del Agregado Grueso y Fino.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
(NORMA MTC E 206)

TESIS: "Compartimiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".

UBICACIÓN: Laboratorio de Pavimentos - UPN

RESPONSABLE: Olano Méndez, Kelly Lizbeth y Katia Atoche Cabel.

MATERIAL: Grava Chancada T.max 3/4"

FECHA: Julio 2018

CANTERA : KM 411 - San Pedro

AGREGADO GRUESO				
A	Peso Mat.Sat. Sup Seca (En aire) (gr)			
B	Peso Mat.Sat. Sup Seca (En agua) (gr)			
C	Vol. de masa + vol de vacios= A-B (gr)			
D	Peso material seco en estufa (105 °C) (gr)			
E	Vol. de masa= C(A-D) (gr)			PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca)=D/C (gr)			
	Pe bulk (Base saturada)=A/C (gr)			
	Pe Aparente (Base Seca)=D/E (gr)			
	% de Absorción =((A-D)/D*100)			

German Sagastegui V.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
(NORMA MTC E 205)

TESIS: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".

UBICACIÓN: Laboratorio de Pavimentos - UPN

RESPONSABLE: Olano Méndez, Kelly Lizbeth y Katia Atoche Cabel

MATERIAL: Mezcla de Arena Chancada con Arena Zarandeada

FECHA: Julio 2018

CANTERA : KM 411 - San Pedro

AGREGADO GRUESO					
A	Peso Mat.Sol. Sup Seca (En aire) (gr)				
B	Peso Frasco + agua (gr)				
C	Peso Frasco + agua + A (gr)				
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)				
E	Vol. de masa + vol de vacios = C-D (gr)				PROMEDIO
F	Pe.de Mat. Seco en estufa (105 °C) (gr)				
G	Vol de masa = E-(A-F) (gr)				
	Pe bulk (Base seca)=F/E (gr)				
	Pe bulk (Base saturada)=A/E (gr)				
	Pe Aparente (Base Secca)=F/G (gr)				
	% de Absorción = ((A-D)/D*100)				

German Sagastegui V.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

EQUIVALENTE DE ARENA
(NORMA MTC E 114)

TESIS: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2018".

UBICACIÓN: Laboratorio de Pavimentos - UPN

RESPONSABLE: Olano Méndez, Kelly Lizbeth

MATERIAL: Mezcla de Arena Chancada con Arena Zarandeada

FECHA: Julio 2018

CANTERA : KM 411 - San Pedro

EQUIVALENTE DE ARENA			
MUESTRA	1	2	3
HORA DE ENTRADA			
HORA DE SALIDA			
HORA DE ENTRADA			
HORA DE SALIDA			
ALTURA DE NIVEL MATERIAL FINO (A)			
ALTURA DE NIVEL MATERIAL ARENA (B)			
EQUIVALENTE DE ARENA (Bx100/A)			
% de Absorción = ((A-D)/D*100)			

German Sagastegui V.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

ENSAYO DE ABRASIÓN (MAQUINA DE LOS ANGELES)
(NORMA MTC E 207)

TESIS: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2018"

UBICACIÓN: Laboratorio de Pavimentos - UPN

RESPONSABLE: Olano Méndez, Kelly Lizbeth y Katia Atoche Cabel

MATERIAL: Grava Chancada T.max 3/4"

FECHA: Julio 2018

CANTERA : KM 411 - San Pedro

DATOS DE ENSAYO						
A.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS						
TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL A (gr)	CARAS FRACTURADAS S (B)	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS C=(B/A)*100	PORCENTAJE PARCIAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E=CXD
PASA TAMIZ	RETIENE EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"					
PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (E / D)						

DATOS DE ENSAYO						
B.- CON UNA CARA FRACTURADA						
TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL A (gr)	CARAS FRACTURADAS S (B)	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS C=(B/A)*100	PORCENTAJE PARCIAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E=CXD
PASA TAMIZ	RETIENE EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"					
PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (E / D)						

German Segarra V.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

ENSAYO DE ABRASIÓN (MAQUINA DE LOS ANGELES)
(NORMA MTC E 207)

TESIS: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".

UBICACIÓN: Laboratorio de Pavimentos - UPN

RESPONSABLE: Olano Méndez, Kelly Lizbeth y Katia Atoche Cabel

MATERIAL: Grava Chancada T.max 3/4"

FECHA: Julio 2018

CANTERA : KM 411 - San Pedro

DATOS DE ENSAYO			
TAMIZ		GRADUACIONES: 3/4" - 3/8"	
PASA	RETIENE		
3"	2 1/2"		
2 1/2"	2"		
2"	1 1/2"		
1 1/2"	1"		
1"	3/4"		
3/4"	1/2"		
1/2"	3/8"		
3/8"	1/4"		
1/4"	Nº 04		
PESO TOTAL			
PESO RETENIDO EN TAMIZ Nº12			
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO			
Nº DE ESFERAS			
PESO DE LAS ESFERAS			
% DE DESGASTE			

German Sagastegui V.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

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

TESIS: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2018".

UBICACIÓN: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos - UPN

RESPONSABLE: Olano Mendez, Kelly Lizbeth y Katia Atoche Cabel

MATERIAL: Grava Chancada T.max 3/4"

FECHA: Julio

CANTERA : KM 411 - San Pedro

AGREGADO GRUESO				
A	Peso Mat.Sat. Sup Seca (En aire) (gr)	1,792.0	1,526.0	
B	Peso Mat.Sat. Sup Seca (En agua) (gr)	1,153.0	981.0	
C	Vol. de masa + vol de vacios= A-B (gr)	639.0	545.0	
D	Peso material seco en estufa (105 °C) (gr)	1,781.0	1,517.0	
E	Vol. de masa= C(A-D) (gr)	628.0	536.0	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca)=D/C (gr)	2,787.0	2,783.0	2,785.0
	Pe bulk (Base saturada)=A/C (gr)	2,804.0	2,800.0	2,802.0
	Pe Aparente (Base Seca)=D/E (gr)	2,836.0	2,830.0	2,833.0
	% de Absorcion =((A-D)/D*100)	0.62	0.59	0.61



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

ENSAYO DE ABRASIÓN (MAQUINA DE LOS ANGELES)
(NORMA MTC E 207)

TESIS: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2018".

UBICACIÓN: Laboratorio de Mecánica de suelos y Pavimentos - UPN

RESPONSABLES: Olano Mendez, Kelly Lizbeth y Katia Atoche Cabel.

MATERIAL: Grava Chancada T.max 3/4"

FECHA: Julio

CANTERA : KM 411 - San Pedro

DATOS DE ENSAYO				
TAMIZ		GRADUACIONES: 3/4" - 3/8"		
PASA	RETIENE		B	
3"	2 1/2"			
2 1/2"	2"			
2"	1 1/2"			
1 1/2"	1"			
1"	3/4"			
3/4"	1/2"		2.500	
1/2"	3/8"		2.500	
3/8"	1/4"			
1/4"	Nº 04			
PESO TOTAL			5.000	
PESO RETENIDO EN TAMIZ Nº12			4.488	
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO			512	
Nº DE ESFERAS			11.0	
PESO DE LAS ESFERAS			5.013.0	
% DE DESGASTE			10.24	



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO GRUESO
(NORMA MTC E 214)

TESIS	*Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2018*		
UBICACIÓN	: Grava Chancada T.max. 3/4"	RESP. LAB	: S.B.F.
MATERIAL	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
CANTERA	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DEL ENSAYO				Muestra Peso (gr.)	Agitación Muestra (10 minutos)	Contenido de Agua Destilada (ml)
TAMAÑOS DE MALLAS			PESO (gr.)			
PASA	RETENIDO					
3/4"	1/2"		1070	1068	10'	1000.0
1/2"	3/8"		570	560		
3/8"	N° 4		910	900		

DESCRIPCION	IDENTIFICACION		
N° DE ENSAYO	1	2	Promedio
Hora de entrada a decantación	11:16	11:18	
Hora de salida de decantación (mas 20')	11:36	11:38	
Altura máxima de material fino (pulg.0.1")	1.86	1.87	
Índice de Durabilidad (De la tabla)	49.5	49.8	49.7

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Barga Fernández
INGENIERO
REG. CIP 169278



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

PARTICULAS FRATURADAS
(NORMA MTC E 2)10

TESIS: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2018"

UBICACIÓN: Laboratorio de Pavimentos - UPN

RESPONSABLE: Olano Mendez, Kelly Lizbeth y Katia Atoche Cabel

MATERIAL: Grava Chancada T.max 3/4"

FECHA: Julio 2018

CANtera : KM 411 - San Pedro

DATOS DE ENSAYO						
A.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS						
TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL A (gr)	CARAS FRACTURADAS S (B)	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS C=(B/A)*100	PORCENTAJE PARCIAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E=CXD
PASA TAMIZ	RETIENE EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1,150.0	1,054.0	91.7	36.4	3340
1/2"	3/8"	2,006.0	1,849.0	92.2	63.6	5859
		3,156.0			100.00	9198.00
PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (E/ D) = 92.0%						

DATOS DE ENSAYO						
B.- CON UNA CARA FRACTURADA						
TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL A (gr)	CARAS FRACTURADAS S (B)	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS C=(B/A)*100	PORCENTAJE PARCIAL (D)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E=CXD
PASA TAMIZ	RETIENE EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	1,150.0	1,142.0	99.3	36.4	3619
1/2"	3/8"	2,006.0	1,994.0	99.4	63.6	6318
		3,156.0			100.00	9937.00
PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (E/ D)=99.4%						



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN LOS AGREGADOS

(NORMA MTC 221)

TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	: Grava Chancada T.max. 3/4"	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

INDICE DE APLANAMIENTO (PARTICULAS CHATAS) :

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"				0.0	
1"	3/4"		81.3		0.0	
3/4"	1/2"	1150.0	55.0	4.8	36.5	174.6
1/2"	3/8"	2000.0	75.0	3.8	63.5	238.1
3/8"	1/4"				0.0	
TOTAL		3150.0	309.9		100.0	412.7

PORCENTAJE PARTICULAS CHATAS (ΣE / ΣD) = 4.1 %

INDICE DE ALARGAMIENTO (PARTICULAS ALARGADAS) :

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"	1150.0	59.0	5.13	36.5	187.3
1/2"	3/8"	2000.0	79.0	3.95	63.5	250.8
3/8"	1/4"					
TOTAL		3150.0	339.0		100.0	438.1

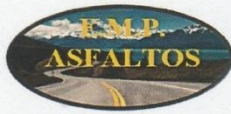
PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS (ΣE / ΣD) = 4.4 %

CONCLUSIÓN :

PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS (ΣE / ΣD) + PORCENTAJE PARTICULAS CHATAS (ΣE / ΣD) = 8.5 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Lúgca Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS (NORMA MTC E 219)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	
MATERIAL	: Grava Chancada T.max. 3/4"	RESP. LAB : S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	91.34	106.42			
(2) Peso Tarro + agua + sal	136.57	156.42			
(3) Peso Tarro Seco + sal	91.36	106.44			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.02	0.02			
(5) Peso de Agua (2-3)	45.23	50.00			
(6) Porcentaje de Sal	0.03 %	0.04 %			0.04 %

Observaciones :

en fraldas por el solicitante

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
.....
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
.....
Secundino Eulga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
(NORMA MTC E 205)

TESIS: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".

UBICACIÓN: Laboratorio de Mecánica de suelos y Pavimentos - UPN

RESPONSABLE: Olano Mendez, Kelly Lizbeth y katia Atoche Cabel

MATERIAL: Mezcla de Arena Chancada con Arena Zarandeada

FECHA: Julio

CANTERA : KM 411 - San Pedro

AGREGADO GRUESO					
A	Peso Mat.Sat. Sup Seca (En aire) (gr)	300.0	300.0		
B	Peso Frasco + agua (gr)	663.0	664.0		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	963.6	964.0		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	853.5	853.0		
E	Vol. de masa + vol de vacios = C-D (gr)	110.1	110.1		
F	Pe.de Mat. Seco en estufa (105 °C) (gr)	297.2	297.3		
G	Vol de masa = E-(A-F) (gr)	107.3	107.4		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca)=F/E (gr)	2,699.0	2,700.0		2,700.0
	Pe bulk (Base saturada)=A/E (gr)	2,725.0	2,725.0		2,725.0
	Pe Aparente (Base Seca)=F/G (gr)	2,770.0	2,769.0		2,769.0
	% de Absorcion =((A-D)/D*100)	0.94	0.92		0.93



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO
(NORMA MTC E 222)

TESIS	*Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019*.		
MATERIAL	Mezcla de Arena Chancada con Arena Zarandeada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

ENSAYO	N°	1	2	3	ESPECIFICACIÓN
PESO DEL AGREGADO FINO + MOLDE	gr.	265.30	266.30	265.70	
PESO DEL MOLDE	gr.	108.70	108.70	108.70	
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	156.60	157.60	157.00	
VOLUMEN DEL CILINDRO	(v)	105.00	105.00	105.00	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G _{sb}	2.769	2.769	2.769	
VACÍOS NO COMPACTADOS	%	46.1	45.8	46.0	Min.30
GRAVA CHANCADA	%	0.0	0.0	0.0	FÓRMULA: W V- G _{sb} x 100 V
ARENA CHANCADA	%	50.0	50.0	50.0	
ARENA ZARANDEADA 3/8"	%	50.0	50.0	50.0	
ARENA FINA	%	0.0	0.0	0.0	
FILLER	%	0.0	0.0	0.0	
PROMEDIO	%	46.0			

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
[Firma]
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
[Firma]
Secundino Dunga Fernández
ING. CIVIL
REG. CIV. 169278



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

LIMITES DE CONSISTENCIA MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°40
(NORMA MTC E 110 - MTC E 111)

TESIS: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".

UBICACIÓN: Laboratorio de Mecánica de suelos y Pavimentos - UPN

RESPONSABLE: Olano Mendez, Kelly Lizbeth Y Katia Atoche Cabel

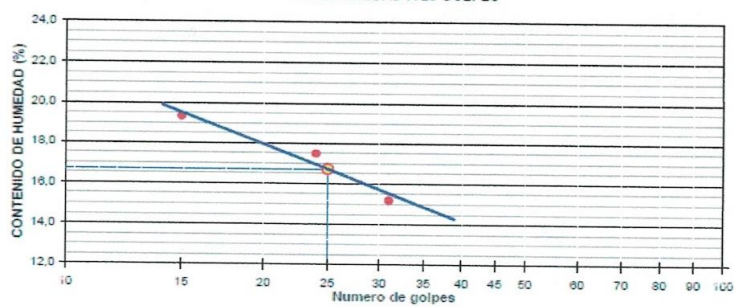
MATERIAL: Mezcla de Arena Chancada con Arena Zarandeada

FECHA: Julio

CANTERA : KM 411 - San Pedro

DATOS DEL ENSAYO					
LIMITE LÍQUIDO					
N° TARRO	39	42	47		
TARRO + SUELO HUMEDO	33.66	36.2	34.86		
TARRO + SUELO SECO	30.80	33.37	32.52		
AGUA	2.86	2.83	2.34		
PESO DEL TARRO	16.00	17.17	17.12		
PESO DEL SUELO SECO	14.80	16.2	15.4		
% DE HUMEDAD	19.32	17.47	15.19		
N° DE GOLPES	15.00	24.0	31.0		
LIMITE PLÁSTICO					
N° TARRO	1	2	3		
TARRO + SUELO HUMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
N° DE GOLPES					
LL:	18.7%	LP:	%	IP:	%

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES





UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA

LIMITES DE CONSISTENCIA MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°200
(NORMA MTC E 110 - MTC E 111)

TESIS: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".

UBICACIÓN: Laboratorio de Mecánica de suelos y Pavimentos - UPN

RESPONSABLE: Olano Mendez, Kelly Lizbeth y Katia Atoche Cabel.

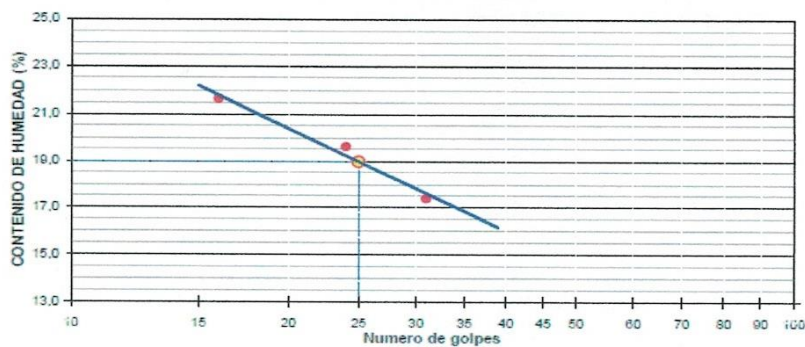
MATERIAL: Mezcla de Arena Chancada con Arena Zarandeada

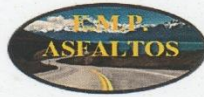
FECHA: Julio

CANTERA : KM 411 - San Pedro

DATOS DEL ENSAYO					
LIMITE LÍQUIDO					
N° TARRO	16	17	13		
TARRO + SUELO HUMEDO	35.89	34.66	34.41		
TARRO + SUELO SECO	32.51	31.61	31.68		
AGUA	3.38	3.05	2.73		
PESO DEL TARRO	16.89	16.06	15.97		
PESO DEL SUELO SECO	15.62	15.55	15.71		
% DE HUMEDAD	21.64	19.61	17.38		
N° DE GOLPES	16	24	31		
LIMITE PLÁSTICO					
N° TARRO	9	5			
TARRO + SUELO HUMEDO	16.58	19.16			
TARRO + SUELO SECO	15.36	17.88			
AGUA	1.22	1.28			
PESO DEL TARRO	7.87	10.04			
PESO DEL SUELO SECO	7.49	7.84			
% DE HUMEDAD	16.29	16.33			
LL:	19 %	LP:	16.3 %	IP:	2.7 %

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES





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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO FINO (NORMA MTC E 214)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Mezcla de Arena Chancada con Arena Zarandeada	RESP. LAB.	S.B.F.
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

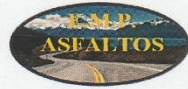
DATOS DEL ENSAYO						
TAMAÑOS DE MALLAS				Agitación Muestra	Contenido de	Muestra Lata
PASA	RETENIDO		PESO (gr.)	(10 minutos)	Agua Destilada (ml)	(ml.)
# 4	N°200		500	10'	1000.0	85

DESCRIPCION	IDENTIFICACION		
	1	2	Promedio
N° DE ENSAYO			
Hora de entrada a saturación	09:39	09:41	
Hora de salida de saturación (mas 10')	09:49	09:51	
Hora de entrada a decantación	09:51	09:53	
Hora de salida de decantación (mas 20')	10:11	10:13	
Altura máxima de la arcilla (pulg.0.1")	5.38	5.35	
Altura máxima de la arena (pulg.0.1")	3.00	3.10	
Indice de Durabilidad ($D_f = L_{arena}/L_{arcilla} * 100$)	55.8	57.9	56.9

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. C.P. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS (NORMA MTC E 219)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIAL	Mezcla de Arena Chancada con Arena Zarandeada	RESP. LAB	: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA	: Setiembre 2018

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	IDENTIFICACION			Promedio
	1	2		
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	57.42	68.36		
(2) Peso Tarro + agua + sal	98.98	118.36		
(3) Peso Tarro Seco + sal	57.43	68.38		
(4) Peso de Sal (3 ·1)	0.01	0.02		
(5) Peso de Agua (2·3)	41.56	50.00		
(6) Porcentaje de Sal	0.02 %	0.04 %		0.03 %

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
.....
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
.....
Secundino B. B. Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278

D. Ensayo de Mezcla Asfáltica Convencional 140°C.



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

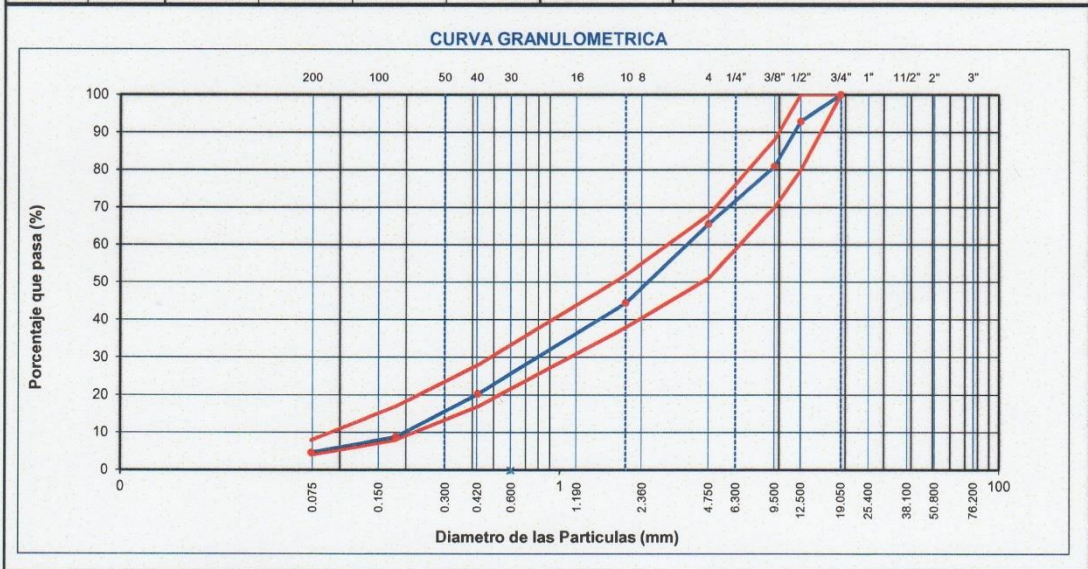
Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	RESP. LAB. : S.B.F
MATERIALES	: Agregados Chancados	TEC. LAB. : D.A.B.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	FECHA : Setiembre 2018
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	33%
Arena Chancada <1/4"	28%
Arena Zarandeada <1/4"	27%
Arena Fina N°4	10%
Filler	2%
PEN 60/70	

DATOS ENSAYO								DESCRIPCION DE LA MUESTRA
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION MAC - 2	Fración	
1"	25.000				100.0	100	100	TAMAÑO MAXIMO : 3/4" Peso inicial seco : 5000
3/4"	19.000		0.0	0.0	100.0	100	100	
1/2"	12.500	355	7.1	7.1	92.9	80	100	
3/8"	9.500	599	12.0	19.1	80.9	70	88	
N° 4	4.750	769	15.4	34.5	65.5	51	68	
N° 10	2.000	191.9	21.0	55.4	44.6	38	52	Observación:
N° 40	0.425	221.5	24.2	79.6	20.4	17	28	
N° 80	0.180	105.3	11.5	91.1	8.9	8	17	
N° 200	0.074	37.9	4.1	95.3	4.7	4	8	
< N° 200	FONDO	43.4	4.7	100.0				






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

Darsy M. Avila Becerra
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

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

Secundino B. Hernández
Secundino B. Hernández
ING. CIVIL
REG. C.I.P. 69278

PROYECTO:	COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UNA MEZCLA SEMICALIENTE , MODIFICADA CON ZEOLITA NATURAL, Chimbote 2019							
CONCEPTO:	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL (140°C)							
CANTERA:	SAN PEDRO KM 411							
MATERIAL:	COMBINACION DE MATERIALES PARA MEZCLA ASFALTICA							
REALIZADO POR:	KELLY OLANO MENDEZ Y KATIA ATOCHE CABEL.							
ASFALTO:	60-70	FECHA:	20 DE AGOSTO 2018					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD						
PIEDRA CHANCADA 3/4"	%	33						
ARENA CHANCADA 1/4"	%	28						
ARENA CHANCADA 1/4"	%	27						
ARENA FINA #4	%	10						
CAL	%	2						
TOTAL	%	100						
			COMBINACIÓN	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
			TOTAL (100%)	100	100	100	100	100
			ASFALTO (%)	4.5	5	5.5	6	6.5
	% TOTAL (PIEDRA, ARENA Y CAL) EN EL MARSHALL.		95.50	95.00	94.50	94.00	93.50	
	PIEDRA CHANCADA 3/4"		31.52	31.35	31.19	31.02	30.86	
	ARENA CHANCADA 1/4"		26.74	26.60	26.46	26.32	26.18	
	ARENA CHANCADA 1/4"		25.79	25.65	25.52	25.38	25.25	
	ARENA FINA #4		9.55	9.50	9.45	9.40	9.35	
	CAL		1.91	1.90	1.89	1.88	1.87	
								
								



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		
MATERIALES	: Agregados Chancados	RESP. LAB. :	S.B.F
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefania	FECHA :	Setiembre 2018

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	33%
Arena Chancada <1/4"	28%
Arena Zarandeada <1/4"	27%
Arena Fina N°4	10%
Filler	2%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	34.46	32.91
B Arena.	63.54	58.86
C Filler	2	1.91

Material	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200	
Mezcla	100.0	100.0	92.9	80.9	65.5	44.6	22.7	14.6	8.9	4.7
Especificaciones IVB	100	80-100	67-85	60-77	43-54	18-28	29-45	14-25	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	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)	%	32.91	32.91	32.91	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	58.86	58.86	58.86	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	1.82	1.82	1.82	
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	2.785	2.785	2.785	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.833	2.833	2.833	2.809
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.700	2.700	2.700	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.769	2.769	2.769	2.735
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.1	6.3	6.3	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1201.3	1201.1	1202.2	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1204.5	1205.0	1205.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	685.0	693.0	680.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	519.5	512.0	525.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.312	2.346	2.290	2.316
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.613	2.613	2.613	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))	gr/cc	2.656	2.656	2.656	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	11.50	10.22	12.36	11.36
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/8)+(5/11))	gr/cc	2.647	2.647	2.647	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc	2.905	2.905	2.905	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	gr/cc	2.764	2.764	2.764	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.63	1.63	1.63	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	81.77	82.95	80.97	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	6.73	6.83	6.67	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	18.23	17.05	19.03	18.10
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	3.00	3.00	3.00	
29	Relación betún vacíos (26/27)*100	%	36.94	40.08	35.05	37.35
30	Lectura del aro.	kg	207	208	208	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	873.4	877.6	875.5	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	0.96	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	873	878	841	864
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	11	12	12	12
34	Fluencia	m.m.	2.79	3.05	3.05	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3126	2879	2758	2921

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.
Secundino Pineda Fernández
ING. CIVIL
REG. QUITA 109278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		RESP. LAB. : S.B.F
MATERIALES	: Agregados Chancados		TEC. LAB. : D.A.B.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro		FECHA : Setiembre 2018
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie		

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	33%
Arena Chancada <1/4"	28%
Arena Zarandeada <1/4"	27%
Arena Fina N°4	10%
Filler	2%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz										
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200		
A Grava Triturada	34.46	32.74											
B Arena.	63.54	58.56											
C Filler	2	1.90											
Mezcla	100.0	100.0	100.0	100.0	92.9	80.9	65.5	43.0	22.7	44.6	20.4	8.9	4.7
Especificaciones IVI	100	80-100	67-85	60-77	43-54	38-52	17-28	29-45	14-25	8-17	4-8		

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
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)	%	32.74	32.74	32.74	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	58.56	58.56	58.56	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	1.90	1.90	1.90	
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.	2.785	2.785	2.785	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.833	2.833	2.833	2.809
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.700	2.700	2.700	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.769	2.769	2.769	2.735
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.2	6.2	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1205.2	1200.0	1204.3	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1207.1	1206.0	1209.5	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	704.0	706.0	708.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	503.1	500.0	501.5	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.396	2.400	2.401	2.399
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.600	2.600	2.600	
19	Maxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.634	2.634	2.634	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	7.88	7.71	7.66	7.75
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/8) + (5/11))$	gr/cc.	2.647	2.647	2.647	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.905	2.905	2.905	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4^2/P-10))$	gr/cc.	2.774	2.774	2.774	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^2*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.77	1.77	1.77	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4) * 17/21$	%	84.25	84.40	84.45	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25+20)$	%	7.87	7.89	7.89	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	15.75	15.60	15.55	15.63
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	3.39	3.39	3.39	
29	Relacion betun vacios $(26/27) * 100$	%	49.98	50.58	50.76	50.44
30	Lectura del arco.	kg	278	275	269	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1171	1158	1133	
32	Factor de estabilidad		1.04	1.04	1.04	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1218	1205	1178	1200
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	12	13	12	12
34	Fluencia	m.m.	3.05	3.30	3.05	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3995	3648	3866	3836

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino P. Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	RESP. LAB. : S.B.F
MATERIALES	: Agregados Chancados	TEC. LAB. : D.A.B.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	FECHA : Setiembre 2018
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	33%
Arena Chancada <1/4"	28%
Arena Zarandeada <1/4"	27%
Arena Fina N°4	10%
Filler	2%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz											
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200			
A Grava Triturada	34.46	32.56												
B Arena.	63.54	58.26												
C Filler	2	1.89												
Mezcla			100.0	100.0	92.9	80.9	65.5			44.6	20.4	8.9	4.7	
Especificaciones IVB			100	80-100	67-85	60-77	43-54			29-45	14-25	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)	%	32.56	32.56	32.56	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	58.26	58.26	58.26	
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 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.785	2.785	2.785	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.833	2.833	2.833	2.809
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.700	2.700	2.700	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.769	2.769	2.769	2.735
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.2	6.2	6.3	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1200.7	1200.2	1199.6	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1206.0	1205.0	1204.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	717.0	716.0	715.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	489.0	489.0	489.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.455	2.454	2.453	2.454
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.594	2.594	2.594	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8))+4^2/(9+10))$	gr/cc.	2.612	2.612	2.612	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	5.35	5.39	5.44	5.40
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/8)+(5/11))$	gr/cc.	2.648	2.648	2.648	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	2.905	2.905	2.905	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4^P-10))$	gr/cc.	2.793	2.793	2.793	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^2*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	2.00	2.00	2.00	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)^{17/21}$	%	85.88	85.84	85.80	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	8.77	8.76	8.76	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	14.12	14.16	14.20	14.16
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	3.68	3.68	3.68	
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	62.08	61.90	61.68	61.89
30	Lectura del aro.	kg	308	304	302	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1297	1280	1271	
32	Factor de estabilidad		1.09	1.09	1.09	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1413	1395	1386	1398
34	Lectura del fleximetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	14	14	14	14
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.56	3.56	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3974	3923	3897	3931

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Fernández
REG. CIP. 163278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas - Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 - RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		RESP. LAB. : S.B.F
MATERIALES	Agregados Chancados		TEC. LAB. : D.A.B.
CANTERA	Km 411 - San Pedro		FECHA : Setiembre 2018
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie		

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	33%
Arena Chancada <1/4"	28%
Arena Zarandeada <1/4"	27%
Arena Fina N°4	10%
Filler	2%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz											
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200			
A Grava Triturada	34.46	32.39												
B Arena.	63.54	57.96												
C Filler	2	1.88												
Mezcla			100	100.0	92.9	80.9	65.5	46.6	32.9	22.4	14.6	8.9	4.7	
Especificaciones IVB			100	80-100	67-85	60-77	43-54	28-35	17-26	29-45	14-25	8-17	4-8	

		#	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)	%	32.39	32.39	32.39	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	57.96	57.96	57.96	
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.	2.785	2.785	2.785	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.833	2.833	2.833	2.809
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.700	2.700	2.700	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.769	2.769	2.769	2.735
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.2	6.2	6.3	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1202.5	1195.1	1198.5	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1205.3	1197.1	1207.4	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr.	713.0	715.0	717.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	492.3	482.1	490.4	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.443	2.479	2.444	2.455
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.588	2.588	2.588	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.590	2.590	2.590	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.63	4.22	5.58	5.14
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.648	2.648	2.648	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.904	2.904	2.904	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4^2/P-10))$	gr/cc.	2.812	2.812	2.812	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.24	2.24	2.24	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4) * 17/21$	%	84.96	86.22	85.01	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25+20)$	%	9.41	9.55	9.42	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	15.04	13.78	14.99	14.60
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	3.97	3.97	3.97	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	62.59	69.35	62.81	64.92
30	Lectura del aro.	kg	283	278	280	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1192	1171	1179	
32	Factor de estabilidad		1.09	1.14	1.09	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1299	1335	1285	1306
34	Lectura del flexímetro $(0.01") * (35 / 0.254)$	pul.	14	14	13	14
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.56	3.30	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3653	3754	3893	3766

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas - Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 - RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".		RESP. LAB. : S.B.F
MATERIALES	Agregados Chancados		TEC. LAB. : D.A.B.
CANTERA	Km 411 - San Pedro		FECHA : Setiembre 2018
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie		

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada <3/4"	33%
Arena Chancada <1/4"	28%
Arena Zarandeada <1/4"	27%
Arena Fina N°4	10%
Filler	2%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	34.46	32.22
B Arena.	63.54	57.66
C Filler	2	1.87

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz										
	100.0	100.0	92.9	80.9	65.5	44.6	24.7	14.6	8.9	4.7	
Especificaciones IVE	100	80-100	67-85	60-77	43-54	30-52	17-26	29-45	14-25	8 - 17	4 - 8

1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
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)	%	32.22	32.22	32.22	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	57.66	57.66	57.66	
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.	2.785	2.785	2.785	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	gr/cc.	2.833	2.833	2.833	2.809
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.700	2.700	2.700	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	gr/cc.	2.769	2.769	2.769	2.735
11	Peso especifico aparente del filler	gr/cc.	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	6.3	6.25	6.1	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1201.3	1205.2	1210.0	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1202.3	1206.0	1210.6	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	702.0	701.0	700.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	500.3	505.0	510.6	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	gr/cc.	2.401	2.387	2.370	2.386
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	gr/cc.	2.582	2.582	2.582	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.569	2.569	2.569	
20	% de vacios con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	7.01	7.58	8.23	7.60
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.649	2.649	2.649	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.904	2.904	2.904	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 6) + (4^2/P - 10))$	gr/cc.	2.831	2.831	2.831	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23^2 * 21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	2.48	2.48	2.48	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4) * 17/21$	%	83.06	82.55	81.97	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25 + 20)$	%	9.93	9.87	9.80	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	16.94	17.45	18.03	17.47
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.27	4.27	4.27	
29	Relacion betun vacios $(26/27) * 100$	%	58.63	56.58	54.38	56.53
30	Lectura del aro.	kg	246	248	245	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1037	1045	1033	
32	Factor de estabilidad		1.04	1.04	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1078	1087	1033	1066
34	Lectura del fleximetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	15	14	13	14
34	Fluencia	m.m.	3.81	3.56	3.30	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	2830	3057	3127	3005

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

Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

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

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



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

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

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	
MATERIALES	Agregados Chancados	RESP. LAB. S.B.F
CANTERA	Km 411 - San Pedro	TEC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
1.- PESO DEL MATERIAL	1100	1100	1100	1100	1100
2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	3500	3504	3504	3504	3504
3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE)	4600	4604	4604	4604	4604
4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA)	4179.0	4181.0	4180.0	4179.0	4178.0
5.- VOLUMEN DEL MATERIAL	421	423	424	425	426
6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	2.613	2.600	2.594	2.588	2.582
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA	2.613	2.600	2.594	2.588	2.582

CONTENIDO C.A %	FECHA PRODUCCION	OBSERVACIONES
5.63	DISEÑO	

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
.....
Darsy M. Avila Becerra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
.....
Secundino A. Fernández
REG. CIP 169278

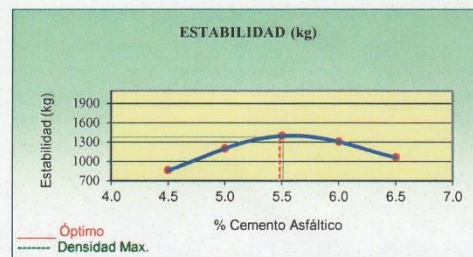
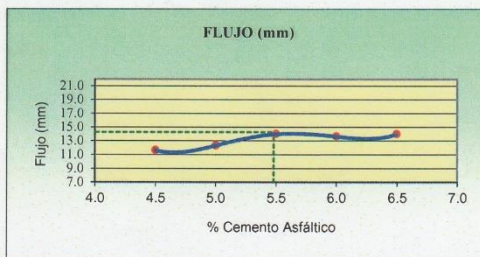
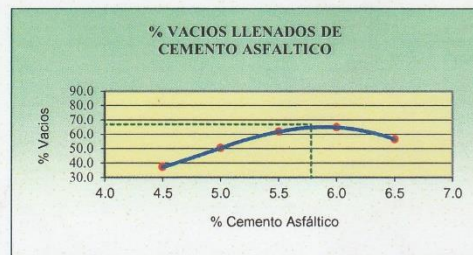
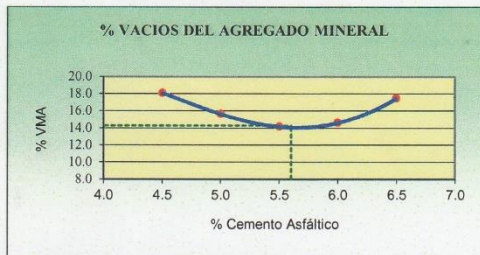
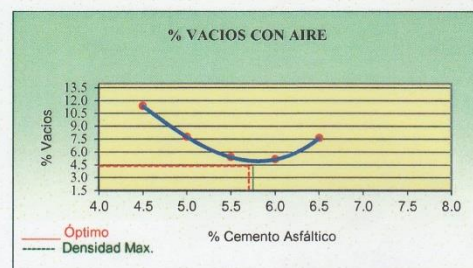
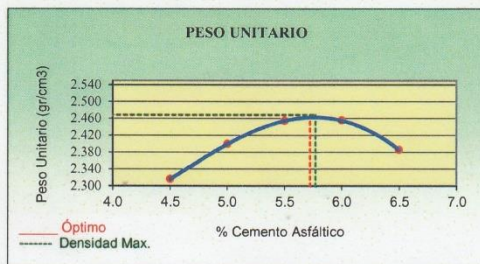


SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	RESP. LAB.	: S.B.F
MATERIALES	: Agregados Chancados	TEC. LAB.	: D.A.B.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	FECHA	: Setiembre 2018
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefania		



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.63
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.469
Vacios (%)	4.41
Vacios del Agregado mineral (%)	14.30
Vacios Llenados de C.A (%)	67.00
Flujo (mm)	3.63
Estabilidad (Kg)	1379
Relación Polvo Asfalto	1.19

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

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

Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

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

Secundino Brindis Hernández
ING. CIVIL
REG. CTC. 69278

E. Ensayo de Mezcla Asfáltica a 100 °C



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

MEZCLA TEORICA

TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	
DESCRIPCION	: 1.5% de Filler + 0.5% de Zeolita	RESP.LAB. : S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB. : S.A.C.M.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Septiembre 2018

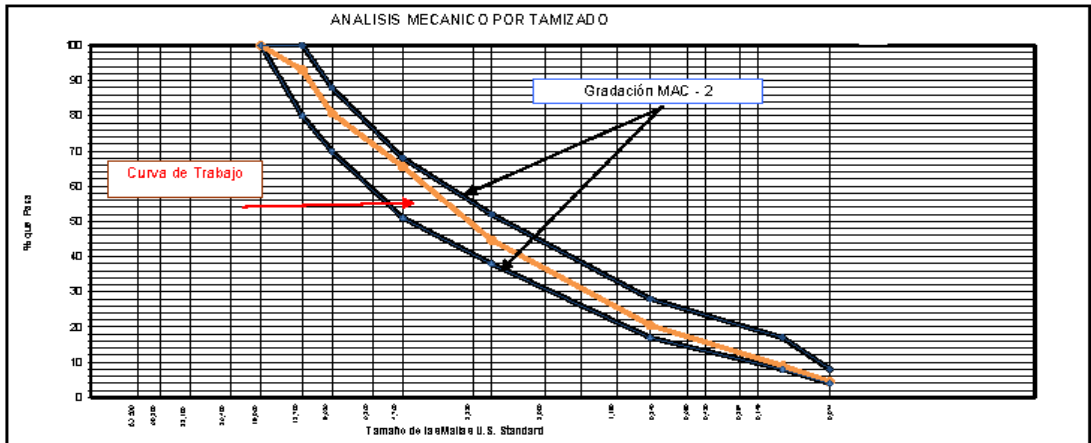
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : 01

DATOS DEL ENSAYO

ASTM	Abertura mm.	% Peso que Pasa							Especificación
		Piedra 1/2"	A. Chancada	A. Zarandeada	A. Fina	Filler	Zeolita	Mezcla F.	
		33.0	28.0	27.0	10.0	1.5	0.5	100.0	
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.700	78.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.0	80 - 100
3/8"	9.525	41.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	80.7	70 - 88
Nº4	4.760	4.7	91.0	98.1	100.0	100.0	100.0	65.5	51 - 68
Nº10	2.000	0.8	45.9	72.8	99.7	100.0	100.0	44.7	38 - 52
Nº40	0.426	0.0	17.6	29.2	56.7	100.0	99.6	20.5	17 - 28
Nº80	0.117	0.0	10.2	12.0	9.1	99.7	94.7	9.0	8 - 17
Nº200	0.074	0.0	5.8	2.8	2.1	96.8	91.4	4.5	4 - 8

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO



Observaciones :

SERV. DE LAB. DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darys M. Avila
Darys M. Avila Becerra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Sebastian Jorge Fernandez
Sebastian Jorge Fernandez
ING. CIVIL
Reg. C.P. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

MEZCLA TEORICA

TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	RESP.LAB.: S.B.F.
DESCRIPCION	: 1.0% de Filler + 1.0% de Zeolita	TEC. LAB.: S.A.C.M.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	FECHA
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	: Septiembre 2018

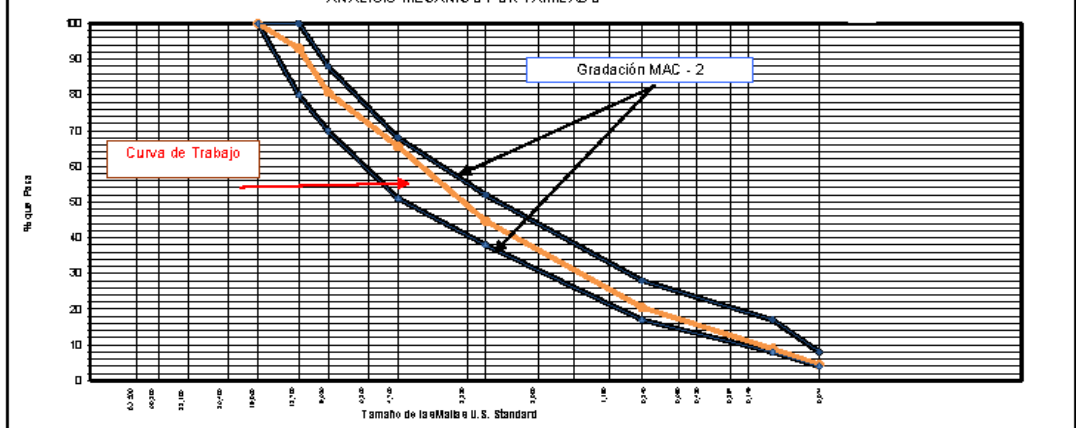
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: 01
----------------	------

DATOS DEL ENSAYO

ASTM	Abertura mm.	% Peso que Pasa							Especificacion
		Piedra 1/2"	A. Chancada	A. Zarandeada	A. Fina	Filler	Zeolita	Mezcla F.	
		33.0	28.0	27.0	10.0	1.0	1.0	100.0	
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.700	78.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.0	80 - 100
3/8"	9.525	41.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	80.7	70 - 88
Nº4	4.760	4.7	91.0	98.1	100.0	100.0	100.0	65.5	51 - 68
Nº10	2.000	0.8	45.9	72.8	99.7	100.0	100.0	44.7	38 - 52
Nº40	0.426	0.0	17.6	29.2	56.7	100.0	99.6	20.5	17 - 28
Nº80	0.117	0.0	10.2	12.0	9.1	99.7	94.7	9.0	8 - 17
Nº200	0.074	0.0	5.8	2.8	2.1	96.8	91.4	4.5	4 - 8

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO



Observaciones :

SERV. DE LAB. DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
Darsy M. Avila Becerra
TECNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundina Andrea Ferrnandez
ING. CIVIL
Nº. EXP. 169278



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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

MEZCLA TEORICA

TESIS	: "Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	
DESCRIPCION	: 0.5% de Filler + 1.5% de Zeolita	RESP.LAB.: S.B.F.
CANTERA	: Km 411 - San Pedro	TEC. LAB.: S.A.C.M.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Septiembre 2018

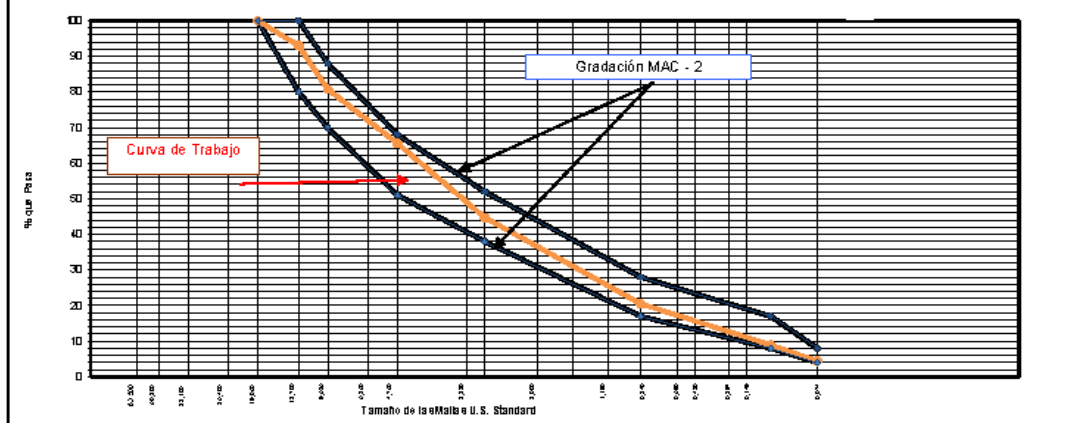
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : 01

DATOS DEL ENSAYO

ASTM	Abertura mm.	% Peso que Pasa							Especificacion
		Piedra 1/2"	A. Chancada	A. Zarandeada	A. Fina	Filler	Zeolita	Mezcla F.	
		33.0	28.0	27.0	10.0	0.5	1.5	100.0	
1"	25.400	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5	
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.700	78.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.0	80 - 100
3/8"	9.525	41.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	80.7	70 - 88
Nº4	4.760	4.7	91.0	98.1	100.0	100.0	100.0	65.5	51 - 88
Nº10	2.000	0.8	45.9	72.8	99.7	100.0	100.0	44.7	38 - 52
Nº40	0.426	0.0	17.6	29.2	56.7	100.0	99.6	20.5	17 - 28
Nº80	0.117	0.0	10.2	12.0	9.1	99.7	94.7	8.9	8 - 17
Nº200	0.074	0.0	5.8	2.8	2.1	96.8	91.4	4.4	4 - 8

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO



Observaciones :

SERV. DE LAB. DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Datsy M. Avila Becerra
Datsy M. Avila Becerra
TECNICO LABORATORIA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
C.I.O.
Suzanne Virginia Becerra Mendez
ING. CIVIL
Reg. C.P. 169273

PROYECTO:	COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UNA MEZCLA SEMICALIENTE , MODIFICADA CON ZEOLITA NATURAL, Chimbote 2019	
CONCEPTO:	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL (100°C)	
CANTERA:	SAN PEDRO KM 411	
MATERIAL:	COMBINACION DE MATERIALES PARA MEZCLA ASFALTICA	
REALIZADO POR:	KELLY OLANO MENDEZ Y KATIA ATOCHE CABEL.	
ASFALTO:	60-70	FECHA: 20 DE AGOSTO 2018

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
PIEDRA CHANCADA 3/4"	%	33
ARENA CHANCADA 1/4"	%	28
ARENA CHANCADA 1/4"	%	27
ARENA FINA #4	%	10
CAL	%	2
TOTAL	%	100

COMBINACIÓN	5.63
TOTAL (100%)	100
ASFALTO (%)	5.63



% TOTAL (PIEDRA, ARENA Y CAL) EN EL MARSHALL.	94.37
PIEDRA CHANCADA 3/4"	31.14
ARENA CHANCADA 1/4"	26.42
ARENA CHANCADA 1/4"	25.48
ARENA FINA #4	9.44
CAL	1.89





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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504, ASTM D-1559)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	
DESCRIPCIÓN	: Marshall con 2% de cal a 100°C de temperatura	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	Agregados Tamaño Máximo 3/4"	TÉC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DISEÑO MAC-02							
DATOS DEL ENSAYO							
BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.63	5.63	5.63	5.63	
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	41.01	41.01	41.01		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	1018	53.36	53.36	53.36		
4	Filler en peso de la mezcla	957					
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.021	1.021	1.021		
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.785	2.785	2.785		
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.700	2.700	2.700		
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cc					
9	Peso de la briqueleta al aire	gr	1179.6	1181.0	1188.3		
10	Peso de la briqueleta al aire sup. Seca	gr	1180.8	1182.0	1189.9		
11	Peso de la briqueleta en agua	gr	702.3	702.7	708.0		
12	Volumen de briqueleta (10-11)	c.c.	478.5	479.3	481.9		
13	Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14	Volumen de la parafina (13/Pe.parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15	Volumen de la briqueleta por desplazamiento (12-14)	c.c.	478.5	479.3	481.9		
16	Peso específico Bulk de la briqueleta (9/15)	gr/cc	2.465	2.464	2.466	2.465	
17	Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.543	2.543	2.543		
18	Vacios (17-16)*100/17	%	3.0	3.1	3.0	3.1	3 - 5
19	Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/cc	2.736	2.736	2.736		
20	V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	15.0	15.0	15.0		Min. 14
21	Vacios llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	79.7	79.4	79.8	79.6	
22	Peso específico del agregado total (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/cc	2.791	2.791	2.791		
23	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total (100*5*(22-19))/(22*19)	%	0.73	0.73	0.73		
24	Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4.94	4.94	4.94		
25	Flujo	mm	3.30	3.81	3.56	3.56	2 - 4
26	Estabilidad sin corregir	kg	1089.4	1234.5	1043.8		
27	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28	Estabilidad corregida	kg	1089	1235	1044	1123	Min. 815
29	Estabilidad - Flujo	kg/cm	3299	3240	2935	3158	1700 - 4000

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burga Fernández
ING. CIVIL
REG. C.P. 169278

PROYECTO:	COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UNA MEZCLA SEMICALIENTE , MODIFICADA CON ZEOLITA NATURAL, Chimbote 2019	
CONCEPTO:	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL (100°C - 1% DE ZEOLITA NATURAL)	
CANTERA:	SAN PEDRO KM 411	
MATERIAL:	COMBINACION DE MATERIALES PARA MEZCLA ASFALTICA	
REALIZADO POR:	KELLY OLANO MENDEZ Y KATIA ATOCHE CABEL.	
ASFALTO:	60-70	FECHA: 20 DE AGOSTO 2018

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
PIEDRA CHANCADA 3/4"	%	33
ARENA CHANCADA 1/4"	%	28
ARENA CHANCADA 1/4"	%	27
ARENA FINA #4	%	10
CAL	%	1.5
ZEOLITA	%	0.5
TOTAL	%	100

COMBINACIÓN	5.63
TOTAL (100%)	100
ASFALTO (%)	5.63



% TOTAL (PIEDRA, ARENA Y CAL) EN EL MARSHALL.	
% TOTAL (PIEDRA, ARENA Y CAL) EN EL MARSHALL.	94.37
PIEDRA CHANCADA 3/4"	31.14
ARENA CHANCADA 1/4"	26.42
ARENA CHANCADA 1/4"	25.48
ARENA FINA #4	9.44
CAL	1.42
ZEOLITA	0.47





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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emlaboratorios.com

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504, ASTM D-1559)

TESIS	Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019*.	
DESCRIPCIÓN	Marshall con 1,5% de cal + 0,5% de zeolita a 100°C de temperatura	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	Agregados Tamaño Máximo 3/4"	TÉC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	:Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DISEÑO MAC-02

DATOS DEL ENSAYO

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.63	5.63	5.63	5.63	
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	41.01	41.01	41.01		
3 Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	1018	53.36	53.36	53.36		
4 Filler en peso de la mezcla	957					
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.021	1.021	1.021		
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.785	2.785	2.785		
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.700	2.700	2.700		
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cc					
9 Peso de la briqueta al aire	gr	1183.4	1182.7	1180.6		
10 Peso de la briqueta al aire sup. Seca	gr	1183.6	1183.6	1181.2		
11 Peso de la briqueta en agua	gr	703.3	704.2	701.3		
12 Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	480.3	479.4	479.9		
13 Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 Volumen de la parafina (13/Pe.parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	480.3	479.4	479.9		
16 Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/cc	2.464	2.467	2.460	2.464	
17 Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.543	2.543	2.543		
18 Vacíos (17-16)*100/17	%	3.1	3.0	3.2	3.1	3 - 5
19 Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/cc	2.736	2.736	2.736		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	15.0	14.9	15.2	15.0	Min. 14
21 Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	79.4	80.1	78.6	79.3	
22 Peso específico del agregado total (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/cc	2.791	2.791	2.791		
23 Cemento asfáltico absorbido por el agregado total (100*5*(22-19))/(22*19)	%	0.73	0.73	0.73		
24 Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4.94	4.94	4.94		
25 Flujo	mm	3.56	3.56	3.30	3.47	2 - 4
26 Estabilidad sin corregir	kg	1187	1193	1145		
27 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28 Estabilidad corregida	kg	1187	1193	1145	1175	Min. 815
29 Estabilidad - Flujo	kg/cm	3338	3355	3468	3387	1700 - 4000

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Buzza Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278

PROYECTO:	COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UNA MEZCLA SEMICALIENTE , MODIFICADA CON ZEOLITA NATURAL, Chimbote 2019	
CONCEPTO:	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL (100°C - 1% DE ZEOLITA NATURAL)	
CANTERA:	SAN PEDRO KM 411	
MATERIAL:	COMBINACION DE MATERIALES PARA MEZCLA ASFALTICA	
REALIZADO POR:	KELLY OLANO MENDEZ Y KATIA ATOCHE CABEL.	
ASFALTO:	60-70	FECHA: 20 DE AGOSTO 2018

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
PIEDRA CHANCADA 3/4"	%	33
ARENA CHANCADA 1/4"	%	28
ARENA CHANCADA 1/4"	%	27
ARENA FINA #4	%	10
CAL	%	1
ZEOLITA	%	1
TOTAL	%	100

COMBINACIÓN	5.63
TOTAL (100%)	100
ASFALTO (%)	5.63



% TOTAL (PIEDRA, ARENA Y CAL)EN EL MARSHALL.	94.37
PIEDRA CHANCADA 3/4"	31.14
ARENA CHANCADA 1/4"	26.42
ARENA CHANCADA 1/4"	25.48
ARENA FINA #4	9.44
CAL	0.94
ZEOLITA	0.94





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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook:  Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ENSAYO MARSHALL
(MTC E-504, ASTM D-1559)

TESIS	"Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019".	
DESCRIPCIÓN	: Marshall con 1,0% de cal + 1,0% de zeolita a 100°C de temperatura	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	Agregados Tamaño Máximo 3/4"	TÉC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	: Oiano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DISEÑO MAC-02							
DATOS DEL ENSAYO							
BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.63	5.63	5.63	5.63	
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	41.01	41.01	41.01		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	1018	53.36	53.36	53.36		
4	Filler en peso de la mezcla	957					
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.021	1.021	1.021		
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.785	2.785	2.785		
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.700	2.700	2.700		
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cc					
9	Peso de la briqueta al aire	gr	1181.6	1180.6	1180.5		
10	Peso de la briqueta al aire sup. Seca	gr	1182.7	1181.6	1181.9		
11	Peso de la briqueta en agua	gr	708.6	707.9	707.2		
12	Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	474.1	473.7	474.7		
13	Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14	Volumen de la parafina (13/Pe.parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	474.1	473.7	474.7		
16	Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/cc	2.492	2.492	2.487	2.490	
17	Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.543	2.543	2.543		
18	Vacios (17-16)*100/17	%	2.0	2.0	2.2	2.1	3 - 5
19	Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/cc	2.736	2.736	2.736		
20	V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	14.0	14.0	14.2	14.1	Min. 14
21	Vacios llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	85.9	85.9	84.6	85.4	
22	Peso específico del agregado total (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/cc	2.791	2.791	2.791		
23	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total (100*5*(22-19))/(22*19)	%	0.73	0.73	0.73		
24	Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4.94	4.94	4.94		
25	Flujo	mm	3.30	3.56	3.30	3.39	2 - 4
26	Estabilidad sin corregir	kg	1102	1174	1102		
27	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28	Estabilidad corregida	kg	1102	1174	1102	1126	Min. 815
29	Estabilidad - Flujo	kg/cm	3337	3301	3337	3325	1700 - 4000

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Busta Fernández
ING. CIVIL
REG. C.I.P. 169278

PROYECTO:	COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE UNA MEZCLA SEMICALIENTE , MODIFICADA CON ZEOLITA NATURAL, Chimbote 2019	
CONCEPTO:	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL (100°C - 1% DE ZEOLITA NATURAL)	
CANTERA:	SAN PEDRO KM 411	
MATERIAL:	COMBINACION DE MATERIALES PARA MEZCLA ASFALTICA	
REALIZADO POR:	KELLY OLANO MENDEZ Y KATIA ATOCHE CABEL	
ASFALTO:	60-70	FECHA: 20 DE AGOSTO 2018

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
PIEDRA CHANCADA 3/4"	%	33
ARENA CHANCADA 1/4"	%	28
ARENA CHANCADA 1/4"	%	27
ARENA FINA #4	%	10
CAL	%	0.5
ZEOLITA	%	1.5
TOTAL	%	100

COMBINACIÓN	5.63
TOTAL (100%)	100
ASFALTO (%)	5.63



% TOTAL (PIEDRA, ARENA Y CAL) EN EL MARSHALL.	
PIEDRA CHANCADA 3/4"	31.14
ARENA CHANCADA 1/4"	26.42
ARENA CHANCADA 1/4"	25.48
ARENA FINA #4	9.44
CAL	0.47
ZEOLITA	1.42





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

Calle Juan Pablo II N° 682, Of. 2do Piso, Urb. Las Brisas – Chiclayo. Telf. (074) 619319,
RPM # 948 852 622 – RPC 954 131 476. E-mail: servicios_lab@hotmail.com.
Búscanos en Facebook: Laboratorios de Suelos Chiclayo
Pág. Web: www.emplaboratorios.com

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504, ASTM D-1559)

TESIS	*Comportamiento de las Propiedades Físicas - Mecánicas de una Mezcla Asfáltica Semicaliente, Modificada con Zeolita Natural, Chimbote 2019*.	
DESCRIPCIÓN	: Marshall con 0,5% de cal + 1,5% de zeolita a 100°C de temperatura	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: Agregados Tamaño Máximo 3/4"	TÉC. LAB. : D.A.B.
SOLICITANTE	: Olano Mendez Kelly Lizbeth y Atoche Cabel katia Stefanie	FECHA : Setiembre 2018

DISEÑO MAC-02

DATOS DEL ENSAYO

BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.63	5.63	5.63	5.63	
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	41.01	41.01	41.01		
3 Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	1018	53.36	53.36	53.36		
4 Filler en peso de la mezcla	957					
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.021	1.021	1.021		
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.785	2.785	2.785		
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.700	2.700	2.700		
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cc					
9 Peso de la briqueta al aire	gr	1183.3	1182.6	1181.4		
10 Peso de la briqueta al aire sup. Seca	gr	1183.8	1183.2	1182.3		
11 Peso de la briqueta en agua	gr	710.7	709.6	709.2		
12 Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	473.1	473.6	473.1		
13 Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 Volumen de la parafina (13/Pe.parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	473.1	473.6	473.1		
16 Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/cc	2.501	2.497	2.497	2.498	
17 Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.543	2.543	2.543		
18 Vacíos (17-16)*100/17	%	1.6	1.8	1.8	1.7	3 - 5
19 Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/cc	2.736	2.736	2.736		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	13.7	13.9	13.9	13.8	Min. 14
21 Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	88.1	87.1	87.1	87.4	
22 Peso específico del agregado total (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/cc	2.791	2.791	2.791		
23 Cemento asfáltico absorbido por el agregado total (100*5*(22-19))/(22*19)	%	0.73	0.73	0.73		
24 Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4.94	4.94	4.94		
25 Flujo	mm	3.56	3.81	3.56	3.64	2 - 4
26 Estabilidad sin corregir	kg	1158.4	1178.6	1211		
27 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28 Estabilidad corregida	kg	1158	1179	1211	1183	Min. 815
29 Estabilidad - Flujo	kg/cm	3258	3093	3406	3252	1700 - 4000

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Darsy M. Avila Becerra
TÉCNICO LABORATORISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burgos Fernández
ING. CIVIL
REG. COP. 169278

F. Ficha de Seguridad del Cemento Asfáltico PEN 60-70



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

CEMENTO ASFÁLTICO 60/70 RELAPASA

SECCIÓN 1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O LA EMPRESA

1.1 Identificador del producto

Nombre comercial	CEMENTO ASFÁLTICO 60/70 RELAPASA
Nombre Químico	Asfalto.
Sinónimos	Asfalto de petróleo, asfalto para carreteras.
N° CAS	8052-42-4
N° CE (EINECS)	NP
N° Índice (Anexo VI)	
Reglamento CE N° 1272/2008)	NP
N° Registro	NP
N° Autorización	NP

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

- Fabricación de sustancias.
- Utilización como producto intermedio.
- Formulación y (re)envasado de sustancias y mezclas.
- Utilización para recubrimientos.
- Utilización en operaciones de perforación y producción de campos petrolíferos y gasíferos.
- Aplicaciones para construcción y carreteras.
- Producción y procesado del caucho.
- Utilización como combustible.
- Lubricantes.

1.3 Datos del proveedor de la nota informativa de seguridad del producto

Empresa	REFINERÍA LA PAMPILLA, S.A.A.
Dirección	Casilla Postal 10245 Km. 25 Carretera a Ventanilla. Lima-1 PERU
Teléfono	(51-1) 517-2021(51-1) 517-2022
Fax	(51-1) 5172026

SECCIÓN 2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla	2.2 Elementos de la etiqueta
Clasificación Reg. (CE) 1272/2008 (CLP)	Etiquetado



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

NP	Pictogramas	NP
	Palabra de advertencia	NP
	Indicaciones de peligro	NP
	Información suplementaria	NP
	Consejos de prudencia	NP

2.3 Elementos suplementarios que deben figurar en las etiquetas

NP

2.4 Requisitos especiales de envasado

Recipientes que deben ir provistos de un cierre de seguridad para niños:

No aplica.

Advertencia de peligro táctil:

No aplica.

2.5 Otros peligros

Los resultados de la valoración PBT y mPmB del producto, de conformidad con los criterios establecidos en el anexo XIII del reglamento REACH, se pueden consultar en la sección 12.5 de esta nota informativa de seguridad del producto.

La información relativa a otros peligros, diferentes a los de la clasificación, pero que, pueden contribuir a la peligrosidad general del producto, se puede consultar en las secciones 5, 6 y 7 de esta nota informativa de seguridad del producto.

SECCIÓN 3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Combinación muy compleja de compuestos orgánicos de elevado peso molecular y una proporción relativamente grande de hidrocarburos con un número de carbonos en su mayor parte superior a C25 (alta relación carbono-hidrógeno).

También contiene pequeñas cantidades de diversos metales como níquel, hierro o vanadio.

Se obtiene como el residuo no volátil de la destilación del petróleo crudo o por separación como el refinado de un aceite residual en un proceso de desasfaltado o descarbonización.

Componentes peligrosos Reg. (CE) 1272/2008 (CLP)	Concentración (%)	Indicaciones de peligro
NP		

SECCIÓN 4. PRIMEROS AUXILIOS

4.1. Descripción de los primeros auxilios



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

Inhalación: Irritación del tracto respiratorio a causa de la exposición excesiva a humos, nieblas o vapores.

En caso de que surjan síntomas por la inhalación de humos, nieblas o vapores del producto: retire al accidentado a un lugar tranquilo y bien ventilado, si fuera seguro hacerlo

Si el afectado está inconsciente y:

No respira, asegúrese de que no hay impedimento para la respiración y haga que personas adecuadamente preparadas proporcionen respiración artificial.

De ser necesario, aplique un masaje cardíaco y consiga asistencia médica.

Respira, colóquelo en la posición de recuperación.

Administre oxígeno si fuera necesario.

Consiga asistencia médica si se observan dificultades respiratorias.

Si hay sospechas de una posible inhalación de H₂S:

El personal de salvamento debe utilizar aparatos de respiración, arneses y cuerdas de seguridad, así como respetar los procedimientos de salvamento.

Retire al accidentado al aire libre tan rápidamente como pueda.

Empiece a aplicar inmediatamente respiración artificial si ha cesado la respiración.

El suministro de oxígeno podría ser de ayuda.

Consiga asistencia médica para un posterior tratamiento.

Ingestión/aspiración: No provoque el vómito.

Solicite asistencia médica.

Contacto con la piel: En el caso de que el asfalto caliente entre en contacto accidentalmente con la piel, se debe colocar inmediatamente la parte lesionada bajo el chorro de agua fría durante 10 minutos al menos.

No intente retirar el asfalto adherido a la piel en el sitio de trabajo.

En el caso de que se produzca una quemadura anular con adherencia de asfalto, se debe fragmentar el material adherido para impedir que produzca al enfriarse un efecto de torniquete.

Envíe al accidentado al especialista

En caso de pequeñas quemaduras:

Enfríe la quemadura.

Mantenga la zona quemada bajo el chorro de agua fría durante al menos cinco minutos o bien hasta que disminuya el dolor.

No obstante, debe evitarse que el cuerpo sufra hipotermia.

No ponga hielo sobre las quemaduras; retire con cuidado las prendas que no estén adheridas.

NO intente retirar trozos de ropa que estén pegados a la piel quemada; en su lugar, corte alrededor de la misma.

Busque asistencia médica en todos los casos de quemaduras graves

No utilice nunca gasolina, petróleo ni otros disolventes para lavar la piel contaminada

Contacto con los ojos: Si salpica asfalto caliente a los ojos, debe enfriarse inmediatamente para disipar el calor con agua corriente fría durante al menos cinco minutos.

Consiga inmediatamente asesoramiento y tratamiento médico de un especialista para el afectado.

En caso de que el asfalto frío entre en contacto con los ojos, lávelos cuidadosamente con agua durante varios minutos.

Retire las lentes de contacto, si las tuviera colocadas y fuera fácil realizarlo.



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

Siga enjuagándolos.

En caso de producirse irritación, visión borrosa o hinchazón y esta persistiera, obtenga asistencia médica de un especialista.

4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados.

Inhalación: Síntomas: irritación del tracto respiratorio a causa de una exposición excesiva a humos, nieblas o vapores.

Ingestión/aspiración: Síntomas: se prevén pocos o ningún síntoma. De darse algún síntoma, pueden ser náuseas.

Contacto con la piel: Síntomas (producto a temperatura ambiente): sin efectos. El contacto con un producto caliente o fundido puede causar quemaduras graves.

Contacto con los ojos: Síntomas: (producto a temperatura ambiente): El contacto con un producto caliente o fundido puede causar quemaduras graves.

4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No quitar el asfalto adherido firmemente a la piel. Solicitar asistencia médica.

SECCIÓN 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

5.1. Medios de extinción

Medios de extinción apropiados: Espuma. Niebla de agua. Polvo químico seco. Dióxido de carbono. Otros gases inertes (sujetos a lo que indiquen las disposiciones). Arena o tierra.

Contraindicaciones: No utilice chorros directos de agua sobre el producto ardiendo; pueden ocasionar salpicaduras y extender el fuego. Debe evitarse el uso simultáneo de espuma y agua en la misma superficie, ya que el agua destruye la espuma.

5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Productos de combustión: Es probable que una combustión incompleta produzca mezclas complejas de partículas sólidas y líquidas en suspensión y gases, incluyendo monóxido de carbono, H₂S, SO_x (óxidos de azufre) o ácido sulfúrico y compuestos orgánicos e inorgánicos no identificados.

Medidas especiales: Esta sustancia flotará y puede volver a prenderse en la superficie del agua

Peligros especiales: NP

5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios:

Indumentaria protectora de bomberos. En concentraciones elevadas de vapores y/o humos,



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

es necesario contar con un aparato de respiración autónomo.

SECCIÓN 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Precauciones personales: Guantes de trabajo (preferentemente manoplas) que proporcionen una resistencia química adecuada.

Nota:

Los guantes hechos de PVA no son resistentes al agua y no son adecuados para su uso en emergencias.

Si se prevé el contacto con el producto caliente, los guantes deben ser resistentes al calor y contar con aislante térmico.

Casco de trabajo con protector de cuello.

Zapatos o botas de seguridad, antideslizantes, anti-electricidad estática y resistentes al calor.

Gafas y/o protección facial si se prevén posibles salpicaduras o contacto con los ojos.

Protección respiratoria:

se puede utilizar un respirador de mascarilla o de máscara que cubra toda la cara, con uno o varios filtros de vapores orgánicos / H₂S o un aparato de respiración autónomo (SCBA) en función a la extensión del vertido y al grado previsible de exposición.

Si no puede evaluarse completamente la situación o es posible que haya falta de oxígeno, deben emplearse únicamente aparatos de respiración autónomos SCBA.

Protección personal: Pequeños vertidos:

los monos de trabajo convencionales son generalmente válidos.

Grandes vertidos:

se debe usar una indumentaria de cuerpo completo de un material química y térmicamente resistente.

6.2. Precauciones relativas al medio ambiente

Evite que el vertido alcance la red de alcantarillado o cualquier lugar en que pueda haber riesgo de acumulación.

6.3. Métodos y material de contención y de limpieza

Vertidos en tierra:

Las fugas y vertidos se compondrán de material caliente fundido.

Riesgo de quemaduras graves.

Evite que el producto llegue a alcantarillas, ríos u otros cuerpos de agua.

Nota:

El producto solidificado puede obstruir sumideros y alcantarillas.

Si fuera preciso, contenga el producto con tierra, arena u otros materiales similares no combustibles.

Deje que el producto caliente se enfríe de forma natural.

Si fuera necesario, utilice con cuidado niebla de agua para facilitar su enfriamiento.

No se deben lanzar chorros directos de espuma o de agua sobre el producto fundido que se ha vertido, ya que se pueden producir salpicaduras del producto.

Cuando se encuentre dentro de edificios o espacios confinados, debe asegurar una ventilación adecuada.

Recoja el producto solidificado con medios mecánicos adecuados (por ejemplo, palas).

Traslade el producto recuperado a contenedores adecuados para su reciclaje, recuperación o eliminación de forma segura.



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

Vertidos en agua o mares:

En caso de vertido en el agua, el producto se enfriará rápidamente y se solidificará.

El producto es más denso que el agua y se hundirá lentamente hasta el fondo, no pudiéndose llevar a cabo normalmente ninguna intervención.

Si fuera posible, contenga el producto.

Recoja el producto y los materiales contaminados utilizando medios mecánicos.

Traslade el producto recuperado y otros materiales a depósitos o contenedores adecuados y almacénelos o elimínelos de acuerdo con las disposiciones aplicables.

6.4. Referencia a otras secciones

El apartado 8 contiene consejos más detallados sobre los equipos de protección individual y el apartado 13 sobre la eliminación de los residuos.

SECCIÓN 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

7.1. Precauciones para una manipulación segura

Precauciones generales: Asegúrese de que se cumplen todas las disposiciones aplicables relativas a instalaciones de manejo y almacenamiento de esta clase de productos.

Evite el contacto de productos bituminosos calientes con el agua.

Peligro de salpicaduras de material caliente.

Evite el contacto con el producto caliente.

Debe llevarse a cabo una evaluación concreta del peligro de inhalación por la presencia de H₂S en cámaras de aire de depósitos, espacios confinados, residuos de productos, depósitos de residuos, aguas residuales y emisiones involuntarias para poder determinar los controles adecuados a las circunstancias de cada caso.

La temperatura máxima de manejo seguro para el betún de pavimentación de carreteras es de 200 °C y a nivel industrial es 230 °C.

Condiciones específicas: Conecte a tierra el contenedor, los depósitos y los equipos de trasvase y recepción.

No respire humos del producto caliente.

Utilice los equipos de protección personal adecuados que se precisen.

Si desea más información relativa a los equipos de protección, consulte la sección "Controles de exposiciones/protección personal".

7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Temperatura y productos de descomposición: Cuando se calienta excesivamente emite humos irritantes y acres. Máxima temperatura segura de almacenamiento al menos 30 °C por debajo del punto de inflamación.

Reacciones peligrosas: Puede arder rápidamente cuando se mezcla con nafta u otros disolventes volátiles.

Pueden formarse depósitos carbonosos sobre las paredes y techos de los tanques de almacenamiento, los cuales pueden ser pirofóricos y autoinflamarse.

El sulfuro de hidrógeno puede acumularse en los tanques a altas temperaturas cuando el tiempo de almacenamiento es largo.

Condiciones de almacenamiento: Prevenir la entrada de agua.



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

El sulfuro de hidrógeno puede acumularse en el espacio de cabeza de los tanques de almacenamiento y potencialmente puede alcanzar concentraciones peligrosas.
Ventilación adecuada (los orificios no deben terminar cerca de las ventanas o entradas de aire).
Contenedores correctamente cerrados y etiquetados, en lugares frescos y ventilados.
Los betunes deben ser manejados a la menor temperatura posible, teniendo en cuenta su uso eficiente.
Cuando se está bombeando producto desde un tanque de almacenamiento se debe evitar el riesgo de fuego o explosión por la presencia de tubos calientes.
Los tanques de betún se pueden calentar con aceite caliente, vapor, electricidad o llama.
En las situaciones en la que se bombea betún desde un tanque que tiene tubos calentadores se deben tomar precauciones para impedir que el nivel de producto por encima de los tubos sea inferior a 150 mm, a no ser que se haya desconectado el calentamiento durante el tiempo suficiente para que se enfrien.
Se debe realizar una inspección para asegurar que el tanque receptor tiene suficiente espacio vacío para contener la carga.
- La temperatura máxima segura de almacenamiento es de 230 ° C.

Materiales incompatibles: Los betunes calientes no se deben echar a un tanque o depósito húmedo, ya que el vapor de agua puede provocar erupciones violentas cuando el betún es calentado.
Evitar el contacto directo con el agua.

- 7.3. **Usos específicos finales**
Ver apartado 1 ó escenario de exposición

SECCIÓN 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL

8.1 Parámetros de control

Humos de Asfalto / Betún (fracción soluble en benceno) (N° CAS: 8052-42-4):
INSHT (España):VLA-ED: 0,5 mg/m³.
ACGIH (USA): TLV/TWA: 0,5 mg/m³.
Lijst Grenswaarden / Valeurs Limites (Bélgica): TWA: 5 mg/m³.
Arbejdstilsynet (Dinamarca): TWA: 1 mg/m³ / STEL: 2 mg/m³.
NAOSH (Irlanda): TWA: 0,5 mg/m³ / STEL: 10 mg/m³.
Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej (Polonia): TWA: 5 mg/m³ / STEL: 10 mg/m³.
NIOSH (USA): REL-STEL: 5 mg/m³.
EH40/2005 WELs (Reino Unido): OEL-TWA: 5 mg/m³ / OEL-STEL: 10 mg/m³.
Sulfuro de hidrógeno (N° CAS:7783-06-4):
INSHT (España):VLA-ED : 5 ppm (7 mg/m³) / VLA-EC: 10 ppm (14 mg/m³).
ACGIH (USA): TLV-TWA: 1 ppm
GKV_MAK (Austria): TWA: 5 ppm (7 mg/m³) / STEL: 5 ppm (7 mg/m³).
Lijst Grenswaarden / Valeurs Limites (Bélgica): TWA: 5 ppm (7 mg/m³) / STEL: 10 ppm (14 mg/m³).
Arbejdstilsynet (Dinamarca): TWA: 10 ppm (15 mg/m³) / STEL: 20 ppm (30 mg/m³).
INRS (Francia): TWA: 5 ppm (7 mg/m³) / STEL: 10 ppm (14 mg/m³).
TRGS900 AGW (Alemania): TWA: pm (7,1 mg/m³) / STEL: 10 ppm (14,2 mg/m³).
EüM-SzCsM (Hungria):TWA: 14 mg/m³ / STEL: 14 mg/m³.
NAOSH (Irlanda): TWA: 5 ppm (7 mg/m³) / STEL: 10 ppm (14 mg/m³).
Ministerio della Salute (Italia): TWA: 5 ppm (7 mg/m³) / STEL: 10 ppm (14 mg/m³).



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

LV Nat. Standardisation and Meteorological Centre (Letonia): TWA: 10 mg/m³.
Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej (Polonia): TWA: 7 mg/m³ / STEL: 14 mg/m³.
AFS 2005:17 (Suecia): NGV: 10 ppm (14 mg/m³) / KTV: 15 ppm (20 mg/m³).
NIOSH (USA): REL-STEL: 10 ppm (15 mg/m³).
OSHA (USA): PEL-TWA: 4 ppm / PEL-STEL: 20 ppm
EH40/2005 WE Ls (Reino Unido): OEL-TWA: 5 ppm (4 mg/m³) / OEL-STEL: 10 ppm (14 mg/m³).

DNEL DNELs para trabajadores

Efecto sistémico, exposición aguda, Dérmica (mg/kg bw /día) : Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto sistémico, exposición aguda, Inhalación (mg/m³): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto local, exposición aguda, Dérmica (mg/kg bw /día): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto local, exposición aguda, Inhalación (mg/m³): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto sistémico, exposición prolongada, Dérmica (mg/kg bw /día): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto sistémico, exposición prolongada, Inhalación (mg/m³): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto local, exposición prolongada, Dérmica (mg/kg bw /día): Ni tampoco efecto umbral y/o ninguna información de respuesta a dosis disponible

Efecto local, exposición prolongada, Inhalación (mg/m³/8h): 2,9

DNELs para la población

Efecto sistémico, exposición aguda, Dérmica(mg/kg bw /día) : Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto sistémico, exposición aguda, Inhalación (mg/m³): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto sistémico, exposición aguda, Oral (mg/kg bw /día): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto local, exposición aguda, Dérmica (mg/kg bw /día): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto local, exposición aguda, Inhalación (mg/m³): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto sistémico, exposición prolongada, Dérmica (mg/kg bw /día): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto sistémico, exposición prolongada, Inhalación (µg/m³): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto sistémico, exposición prolongada, Oral (µg/kg bw /día): Ningún peligro identificado para esta ruta

Efecto local, exposición prolongada, Dérmica (mg/kg bw /día): ni tampoco efecto umbral y/o ninguna información de respuesta a dosis disponible

Efecto local, exposición prolongada, Inhalación (mg/m³/24 h): 0,6

PNEC

PNEC agua, sedimentos, suelo y STP

PNEC Derivación no científicamente justificada basada en las limitaciones de la



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

solubilidad en agua

PNEC Envenenamiento secundario oral

Un PNEC oral no se ha derivado porque la sustancia no presenta bio-acumulación potencial o clasificación sobre la base de datos de toxicidad para mamíferos.

8.2 Controles de la exposición

Cuando se manipula asfalto en lugares cerrados, debe existir una buena ventilación local.

Equipos de protección personal

Protección respiratoria: Normalmente no es necesaria bajo condiciones normales de uso y con ventilación adecuada. Utilizar equipo aprobado de protección respiratoria en los espacios donde el sulfuro de hidrógeno pueda acumularse.

Protección cutánea: Llevar ropa de protección para las operaciones normales con el material caliente como mono de trabajo (con perneras por encima de las botas y mangas sobre los guantes), guantes resistentes al calor, botas y protección para el cuello si las salpicaduras son probables.

Protección ocular: Gafas de seguridad y/o visores en caso de que exista peligro de salpicaduras.

Otras protecciones: Cremas protectoras.

Prácticas higiénicas en el trabajo: Deben usarse duchas con agua caliente. Usar jabón y no otros disolventes. Tanto la ropa como los útiles deben cambiarse frecuentemente y limpiarse en seco. La ropa muy contaminada debe cambiarse inmediatamente. Debe revisarse el estado de los guantes para evitar una contaminación interna. Utilizar cremas para la piel después del trabajo.

Condiciones médicas agravadas por la exposición: Problemas dermatológicos.

Controles de exposición medioambiental:

El producto no debe alcanzar el medio a través de desagües ni del alcantarillado. Las medidas a adoptar en caso de vertido accidental se pueden consultar en la sección 6 de esta nota informativa de seguridad del producto.

SECCIÓN 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto: Líquido.

Olor: Característico.

Umbral olfativo : NP

Color: Marrón oscuro a negro.

Valor pH: NP

Punto fusión/Punto de congelación : NP

Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición : > 470 °C

Punto de inflamación : >230 °C (ASTM D-92)



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

Tasa de evaporación : NP
Inflamabilidad (sólido, gas) : NP
Límites superior/inferior de inflamabilidad o de explosividad : NP
Presión de vapor : Insignificante a temperatura ambiente.
Densidad de vapor : 30 (aire: 1)
Densidad : 1-1.05 g/cm³ a 25 °C (ASTM D-70)
Solubilidad(es) : Disulfuro de carbono, cloroformo, éter o acetona.
Coeficiente de reparto n-octanol/agua : NP
Temperatura de auto-inflamación : > 300 °C
Temperatura de descomposición : NP
Viscosidad : NP
Propiedades explosivas : NP
Propiedades comburentes : NP

9.2 Información adicional

Tensión Superficial: 70 Din/cm a 77 °C
Penetración a 25 °C, 100g., 5 seg., 0.1 mm: 60- 70
Hidrosolubilidad: Insoluble.

SECCIÓN 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

10.1. Reactividad: NP

10.2. Estabilidad química: Producto estable a temperatura ambiente.

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas: Impedir que el producto fundido entre en contacto con agua u otro líquido. Se debe evitar la contaminación de aceite y producto de los aislamientos térmicos y el revestimiento se debe reemplazar donde sea necesario por un tipo de aislamiento no absorbente. El calentamiento da lugar a la autoinflamación de las superficies de materiales fibrosos o porosos impregnados con producto o con condensados de los humos bituminosos, lo que puede ocurrir a temperaturas inferiores a los 100 °C . Evitar el contacto con oxidantes fuertes.

10.4. Condiciones que deben evitarse: El calentamiento excesivo por encima de la temperatura máxima recomendada de manipulación y almacenamiento puede causar craqueo y formación de vapores inflamables.

10.5. Materiales incompatibles: NP

10.6. Productos de descomposición peligrosos: En los lugares cerrados puede acumularse sulfuro de hidrógeno por encima del producto.

SECCIÓN 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

11.1. Información sobre los efectos toxicológicos

La información toxicológica facilitada resulta de la aplicación de los anexos VII a XI del reglamento 1907/2006 (REACH).

Toxicidad aguda: El asfalto no cumple los criterios de clasificación como producto tóxico oral, por inhalación o dérmico agudo, porque los valores de LD50/LC50 son superiores a los



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

límites de clasificación definidos en los criterios. Tomando como referencia viscosidades cinemáticas calculadas o medidas, los productos bituminosos no constan en la clasificación de peligro por aspiración. El valor de LD50 oral fue inferior a 5000 mg/kg bw en ratas macho y hembra con dos residuos en vacío de petróleo. El valor de LD50 dérmico fue > 2000 mg/kg bw en conejos macho y hembra con dos residuos en vacío de petróleo. El valor de LD50 fue > 94,4 mg/m³ en ratas macho y hembra con humos de asfalto (semisoplado) oxidizado.

Corrosión o irritación cutáneas: No irritante

Lesiones o irritación ocular graves: No irritante

Sensibilización respiratoria o cutánea: no sensibiliza

Mutagenicidad en células germinales: Toxicidad genética negativa

Carcinogenicidad: El potencial carcinogénico de betún y humos de betún se ha investigado en animales después de exposición dérmica e inhalada. Además se han llevado a cabo estudios epidemiológicos en poblaciones humanas expuestas. Los datos disponibles no indican que la exposición a humos de asfalto o de betún presentan un riesgo cancerígeno. Clasificación IARC de la exposición ocupacional a los betunes duros y a sus emisiones durante los trabajos con másticos bituminosos: 2B

La clasificación del producto se corresponde con la comparación de los resultados de los estudios toxicológicos realizados con los criterios que figuran en el Reglamento (CE) n° 1272/2008 para los efectos CMR, categorías 1A y 1B.

Toxicidad para la reproducción: No se ha realizado ningún estudio de inhalación en lo que respecta al betún. Existe un vacío de datos con respecto a los requisitos de análisis para el estudio de toxicidad del betún del Anexo X REACH (8.7.2). El estudio propuesto se realizaría de acuerdo con la Directriz 414 de la OCDE (Estudio de toxicidad del desarrollo prenatal). No disponemos de estudios integrales de toxicidad reproductiva de dos generaciones ni de desarrollo de las directrices en cuanto al betún. Se ha incluido una propuesta de prueba pero los datos disponibles en este momento no son preocupantes en lo que respecta a la clasificación del betún como tóxico para la reproducción o el desarrollo con arreglo a la Normativa CLP (CE) 1272/2008

Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición única: NP

Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición repetida: La toxicidad de dosis repetidas de betún ha sido investigado por dérmica y por inhalación. Además de la irritación leve del tracto respiratorio superior no hay pruebas de que la exposición al humo de betún o asfalto causa toxicidad sistémica.

Peligro de aspiración: NP

SECCIÓN 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

12.1. Toxicidad: El producto no está clasificado como peligroso para el medio ambiente.

12.2. Persistencia y degradabilidad: Es improbable que produzca fracciones hidrosolubles. Los materiales vertidos pueden hundirse hasta el fondo, provocando daños mecánicos a la fauna



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

y la flora con la que entre en contacto. Los componentes del asfalto no se biodegradan de forma significativa en el medio ambiente. En condiciones normales, el producto permanecerá tal cual.

- 12.3. **Potencial de bioacumulación:** La bioacumulación es improbable dada su baja solubilidad en agua.
- 12.4. **Movilidad en el suelo:** De acuerdo a sus propiedades físicas, el asfalto no es móvil y permanecerá en la superficie del suelo o se asentará en las capas desedimento acuático debido a su insolubilidad, aunque en algunos casos puede llegar a flotar.
- 12.5. **Resultados de la valoración PBT y mPmB:** La sustancia no cumple todos los criterios específicos que se detallan en el Anexo XIII o no permite realizar una comparación directa con todos los criterios del Anexo XIII, pero sin embargo, se señala que la sustancia no presentaría todas estas propiedades y la sustancia no se considera un PBT/vPvB. El antraceno no se halla presente en esta sustancia a niveles superiores al 0,1%. No se observaron otras estructuras de hidrocarburos reseñables que pudieran cumplir los criterios de PBT/mPmB
- 12.6. **Otros efectos adversos:** NP

SECCIÓN 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

13.1. Métodos para el tratamiento de residuos

Eliminación: Se lleva a cabo por incineración en un horno especial o emplazándolo en vertederos controlados. Reciclar si es posible.

Manipulación: Reducir al mínimo el contacto con la piel. Evitar la proximidad de focos térmicos.

Disposiciones: Los establecimientos y empresas que se dediquen a la recuperación, eliminación, recogida o transporte de residuos deberán cumplir la ley 27314, ley general de residuos sólidos, su reglamento D. S. 057-2004-PCM y las normas sectoriales y locales específicas y las disposiciones vigentes del D. S. 015-2006-EM relativo a la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos u otras disposiciones en vigor.

SECCIÓN 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

14.1. **Número ONU:** UN 3257

14.2. **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:**
LÍQUIDO A TEMPERATURA ELEVADA, N. E. P.
(ASFALTO)

14.3. **Número de identificación de peligro:** 99

14.4. **Grupo de embalaje**

ADR/RID: Clase 9. Código de clasificación: M9. Grupo de embalaje: III. Código de restricción en túneles: D.



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

II IATA-DGR: Transporte prohibido a temperaturas ≥ 100 °C.

II IMDG: Clase 9. Grupo de embalaje: III.

14.5. Peligros para el medio ambiente

ADR/RID: NP

IATA-DGR: NP

IMDG: NP

14.6. Transporte a granel con arreglo al anexo II del convenio Marpol 73/78 y del código IMSBC

II No tiene categoría asignada para código IMSBC.

14.7. Precauciones particulares para los usuarios

Estable a temperatura ambiente y durante el transporte. Transportar en contenedores y cisternas homologadas para productos a temperatura debidamente cerrados y etiquetados. Cuando el producto se transporta a temperatura ambiente, no está clasificado como mercancía peligrosa.

SECCIÓN 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

REGLAMENTO (UE) N.º 453/2010: REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN DE LAS FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA).

Reglamento (CE) no 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP).

Ley N.º 27314: Ley general de residuos sólidos.

D.S. 057-2004-PCM: que aprueba el reglamento de la Ley N.º 27314, Ley general de residuos sólidos.

D.S. 015-2006-EM: Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos.

D.S. 026-94-EM: Reglamento de seguridad para el transporte de hidrocarburos.

D.S. 030-98-EM: Reglamento para la comercialización de combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos.

D.S. 045-2001-EM: Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos y otros Productos Derivados de los Hidrocarburos.

D. S. 041-2005-EM: Modificación del D. S. 025-2005-EM que aprueba el cronograma de reducción progresiva del contenido de azufre en el combustible Diesel N.º 1 y N.º 2.

D. S. 025-2005-EM: Aprueban cronograma de reducción progresiva del contenido de azufre en el combustible Diesel N.º 1 y N.º 2.

Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR).

Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID).

Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG).

Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

D.S. 021-2007-EM: Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles.
D.S. 064-2008-EM: Modifican Artículos del Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles.
RCD-206-2009-OS-CD - Procedimiento Control Calidad de Biocombustibles y Mezclas.
RM 515-2009-MEM-DM - Establecen las Especificaciones de Calidad para el Gasohol.
R. S. 165-2008-MEM/DM: Calidad y métodos de ensayo para medir las propiedades de los combustibles Diesel B2, Diesel B5 y Diesel B20.
D.S. 061-2009-EM: Establecen criterios para determinar zonas geográficas en que se podrá autorizar la comercialización de combustible diesel un contenido de azufre máximo de 50 ppm.
Código internacional de sustancias químicas a granel (Código IMSBC), Convenio Marpol 73/78.

Reglamento Otros peligros
NP

- 15.2. Evaluación de la seguridad química**
No se realizó una valoración de la seguridad química.

SECCIÓN 16. OTRA INFORMACIÓN

Glosario

CAS: Servicio de Resúmenes Químicos.
IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer.
ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
TLV: Valor Límite Umbral.
TWA: Media Ponderada en el tiempo.
STEL: Límite de Exposición de Corta Duración.
REL: Límite de Exposición Recomendada.
PEL: Límite de Exposición Permitido.
INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
VLA-ED: Valor Límite Ambiental – Exposición Diaria.
VLA-EC: Valor Límite Ambiental – Exposición Corta.
DNEL/DMEL: Nivel sin efecto derivado / Nivel derivado con efecto mínimo.
PNEC: Concentración prevista sin efecto.
DL50: Dosis Letal Media.
CL50: Concentración Letal Media.
CE50: Concentración Efectiva Media.
CI50: Concentración Inhibitoria Media.
BOD: Demanda Biológica de Oxígeno.
NOAEL: nivel sin efectos adversos observados
NOEL: nivel de efecto nulo
NOAEC: Concentración sin efecto adverso observado
NOEC: Concentración sin efecto observado
NP: No procede
|| : Cambios respecto a la revisión anterior

Bases de datos consultadas

EINECS: European Inventory of Existing Commercial Substances.
TSCA: Toxic Substances Control Act, US Environmental Protection Agency.
HSDB: US National Library of Medicine.
RTECS: US Dept. of Health & Human Services.



NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

Texto completo de las Indicaciones de peligro que no están incluidas en el apartado 2 NP

Las empresas compradoras tienen la obligación de asegurar que sus empleados cuentan con la formación adecuada para manipular y utilizar el producto de forma segura, conforme a las indicaciones incluidas en esta nota informativa de seguridad del producto.

Asimismo, las empresas compradoras de este producto tienen la obligación de informar a sus empleados, y a las personas que pudieran manipularlo o utilizarlo en sus instalaciones, de todas las indicaciones incluidas en la NOTA INFORMATIVA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO, especialmente las referidas a los riesgos del producto para la seguridad y salud de las personas y para el medio ambiente.

Ficha/Hoja informativa de Seguridad elaborada en cumplimiento del artículo 32 de la Reglamenta (EC) 1907/2006 (REACH), con el objeto de comunicar a los eslabones posteriores de la cadena de suministro información sobre las sustancias por sí solas o contenidas en mezclas que no requieren una ficha de datos de seguridad en formato SDS. Por tanto, el presente documento no constituye una Ficha de Datos de Seguridad (FDS/SDS) del artículo 31 del Reach, no siendo obligatorio a los efectos del REACH el acompañamiento de una FDS/SDS para la sustancia o mezcla objeto de la presente Ficha/Hoja informativa de Seguridad.

La información contenida en la presente Ficha/Hoja informativa de Seguridad ha sido elaborada por Repsol de acuerdo con la mejor información disponible con base en datos técnicos que considera fiables en el momento de su emisión. La información será utilizada por el destinatario por su cuenta y riesgo. En consecuencia, ningún aspecto de la presente se interpretará como una recomendación del uso o usos de cualquier sustancia o mezcla, ni por tanto ninguna recomendación de uso que pudiera estar en conflicto con patentes existentes que pudieran cubrir o proteger cualquier sustancia, mezcla o producto o su uso. El presente documento no constituye en ningún caso el otorgamiento de licencia alguna, con lo que no implica para el destinatario libertad de operación sobre cualquier patente titularidad de Repsol (el que emite la ficha) o de terceros.

Toda la información, y en su caso, afirmaciones o sugerencias contenidas en esta Ficha/Hoja informativa de Seguridad está exentas de garantía, expresa o implícita, sobre la exactitud de la información, y del riesgo relacionado con el uso de la misma incluida la comercialización, la idoneidad para un propósito en particular, así como para cualquier uso, o que el uso de dicha información no infrinja cualquier patente. Se excluyen expresamente todas las garantías implícitas de comercialización o idoneidad para cualquier propósito y en consecuencia Repsol no asume ningún tipo de responsabilidad por los resultados obtenidos o por cualquier tipo de daño (incluidos daños a las personas, bienes y medio ambiente) que pudiera derivarse, en todo o en parte, de la utilización que realice el destinatario de la información contenida en la misma.

G. Certificado de Calibración de Equipos.

 
República del Perú

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00171245

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 019717-2010/DSD - INDECOPI de fecha 22 de Diciembre de 2010, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Producto, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación EMP ASFALTOS y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo adjunto
Distingue	:	Asfalto, pavimentos comprendidos en la clase
Clase	:	19 de la Clasificación Internacional.
Solicitud	:	0430160-2010
Titular	:	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
País	:	Perú
Vigencia	:	22 de Diciembre de 2020
Tomo	:	856
Folio	:	155


PATRICIA GAMBOA VILELA
Directora
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI



27/3/2018

CONSTANCIA DEL RNP



RUC N° 20487357465

REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES

CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN PARA SER PARTICIPANTE, POSTOR Y CONTRATISTA

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Domiciliado en: CALLE JUAN PABLO II 682 URBANIZACION LAS BRISAS /LAMBAYEQUE-CHICLAYO-CHICLAYO (Según información declarada en la SUNAT)

Se encuentra con inscripción vigente en los siguientes registros:

PROVEEDOR DE BIENES

Vigencia : Desde 04/02/2017

PROVEEDOR DE SERVICIOS

Vigencia : Desde 04/02/2017

EJECUTOR DE OBRAS

Vigencia para ser participante, postor y contratista : Desde 21/05/2016

Capacidad Máxima de Contratación : 900,000.00 (NOVECIENTOS MIL Y 00/100)

FECHA IMPRESIÓN: 27/03/2018

Nota:

* Para mayor información la Entidad deberá verificar el estado actual de la vigencia de inscripción del proveedor en la página web del RNP: www.rnp.gob.pe - opción Verifique su inscripción.

http://www.rnp.gob.pe/Constancia/RNP_Constancia/default_Todos.asp?RUC=20487357465

1/1

METROTEC

METROLOGÍA Y TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT- LT - 116 - 2018

Página 1 de 3

1. EXPEDIENTE: : **18024**

2. SOLICITANTE : **SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

DIRECCIÓN : **Calle Juan Pablo II Nº 682 Urb. Las Brisas - CHICLAYO**

3. EQUIPO : **HORNO**

MARCA : **ORION**

MODELO : **A 04**

N° SERIE : **NO INDICA**

PROCEDENCIA : **NO INDICA**

IDENTIFICACIÓN : **NO INDICA**

VENTILACIÓN : **NATURAL**

TEMPERATURA DE TRABAJO : **450 °C**

DESCRIPCIÓN	TERMÓMETRO / CONTROLADOR
ALCANCE DE INDICACIÓN	0 a 1000 °C
RESOLUCIÓN	1 °C
TIPO	DIGITAL

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó en el Laboratorio de Suelos y Concreto el 16 de Agosto del 2018 .

5. MÉTODO Y PATRÓN DE MEDICIÓN :

La calibración se efectuó por comparación tomando como referencia el Procedimiento de Calibración de Medios Isotermos con Aire como Medio Termostático del SNM- INDECOPI. Se utilizó un termómetro patrón con Certificado de Calibración N° LT-099-2016 trazable al SNM/INDECOPI.

6. OBSERVACIONES

Se adjunta un sticker con la indicación de **CALIBRADO**.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta a sido realizada, el medio isoterma cumple con los límites especificados de temperatura para la tolerancia de $448\text{ °C} \pm 9,3\text{ °C}$

La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o reglamentos vigentes.

Fecha de Emisión


2018-12-13

Jefe del Laboratorio de Metrología



Ing. WILLIAMS PÉREZ COELLO

Sello



Metrología y Técnicas S.A.C.
 Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
 Telf: (511) 540-0642
 Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
 RPM: *849 272 / *849 282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
 ventas@metrologiatecnicas.com
 WEB: www.metrologiatecnicas.com

METROTEC

METROLOGÍA Y TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT- LT - 116 - 2018

Área de Metrología

Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 3

7. RESULTADOS

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones:

Temperatura Ambiental : 26,6 °C

Humedad Relativa : 62 %

Tiempo de estabilización del equipo : 4 h 0 min

TEMPERATURA DE TRABAJO : 450 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación de termómetro patrón (°C)
00	457,0	455,1
02	452,0	447,9
04	445,4	440,0
06	441,9	439,5
08	451,9	450,1
10	458,5	457,6
12	456,1	452,8
14	450,5	445,8
16	444,0	439,0
18	442,9	439,2
20	454,3	453,2
22	457,7	456,5
24	454,4	451,1
26	448,5	443,0
28	442,6	439,2
30	448,6	444,2
32	455,4	455,4
34	458,7	456,3
36	455,3	454,6
38	450,1	447,7
40	447,2	440,2
T. PROM.	451,1	448,9
T. MAX.	458,7	457,6
T. MIN.	441,9	439,0
DTT	16,8	18,6

DTT: Diferencia de temperatura (T. Max - T. Min.)

Temperatura Ambiental Promedio : 26,6 °C

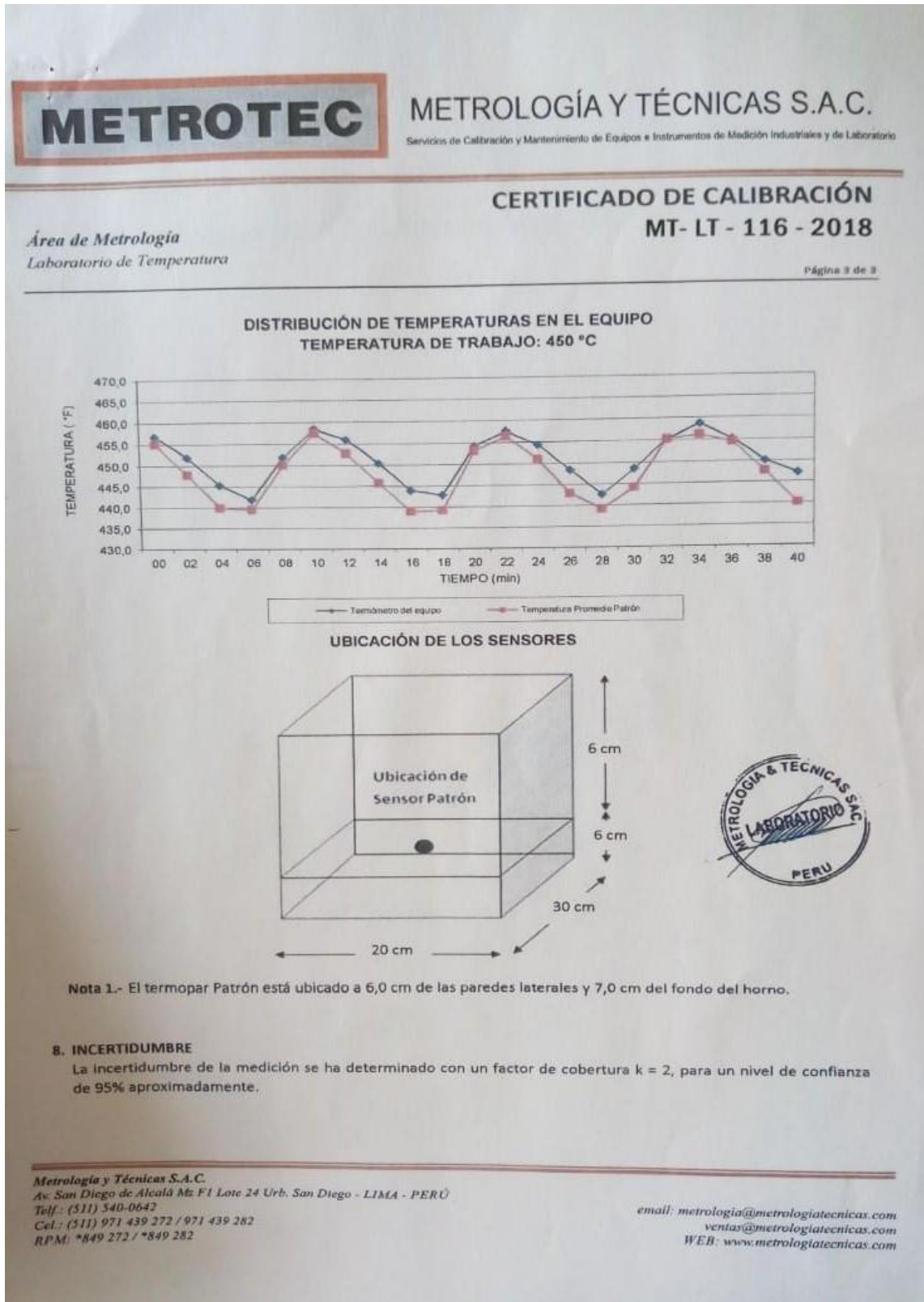
Tiempo de calibración del equipo : 40 minutos



DESVIACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA EN EL TIEMPO (°C)	INCERTIDUMBRE (± °C)
18,6	3,9

Metrología y Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
RPM: *849 272 / *849 282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com





PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN


PT - LF - 001 -2018

Página 1 de 3

1. Expediente	102-2018	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.	<p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
3. Dirección	Calle Juan Pablo II Nro. 682 Urb. Las Brisas Chiclayo - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
4. Equipo	PRENSA MARSHALL	
Capacidad	5000 kgf	
Marca	ZHEJIANG GEOTECHNICAL	
Modelo	STM-5 DIGITAL MARSHALL STABILITY	
Número de Serie	1121	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIWEIGH	
Modelo	315 - X8	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0.1 kgf	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2018-12-04	

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2018-12-04	 MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES	

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima
email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LF - 001 -2018

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza Página 2 de 3

6. Método de Calibración


La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.
Calle Juan Pablo II Nro. 682 Urb. Las Brisas Chiclayo - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.5 °C	21.5 °C
Humedad Relativa	61 % HR	61 % HR



9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	CELDA DE CARGA KELI MOD: 150-A E SERIE: 5Y97826	INF-LE 337 -17

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- (*) La resolución del indicador es 0.1 kgf para lecturas menores a kgf y kgf para lecturas fuera de este rango.

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima
email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 001 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_I (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)
10	500	499.6	498.6	498.6	499.1
20	1000	999.2	999.2	999.2	999.4
30	1500	1498.3	1497.3	1497.3	1498.1
40	2000	1999.1	1999.1	2000.1	1999.6
50	2500	2498.3	2497.3	2500.4	2498.8
60	3000	3001.0	3001.0	3001.6	3001.4
70	3500	3501.1	3501.1	3502.1	3501.6
80	4000	4003.5	4002.4	4003.5	4003.2
90	4500	4504.0	4505.1	4505.1	4504.6
100	5000	5003.7	5004.8	5005.8	5004.8
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa s (%)	
500	0.17	0.20	-0.20	0.02	0.59
1000	0.06	0.00	-0.10	0.01	0.58
1500	0.13	0.07	-0.13	0.01	0.58
2000	0.02	0.05	-0.05	0.01	0.58
2500	0.05	0.12	-0.08	0.00	0.58
3000	-0.05	0.02	-0.03	0.00	0.57
3500	-0.05	0.03	-0.03	0.00	0.57
4000	-0.08	0.03	-0.03	0.00	0.57
4500	-0.10	0.02	0.02	0.00	0.57
5000	-0.10	0.04	0.00	0.00	0.57

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0.00 %
---	--------




12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima
email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 098 - 2018

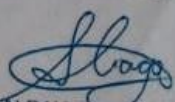
Área de Metrología
Laboratorio de Masas Página 1 de 4

1. Expediente	130-2018	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	SERVICIOS DE LABORATORIOS SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.	
3. Dirección	Calle Juan Pablo II Nro. 682 Urb. Las Brisas Chiclayo - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	600 g	
División de escala (d)	0.01 g	
Div. de verificación (e)	0.01 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	SE602F	
Número de Serie	8358190115	
Capacidad mínima	0.10 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2018-11-29	

Fecha de Emisión


2018-11-29

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





PERUTEST S.A.C.
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LM - 098 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Masas Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Masa de PERUTEST S.A.C.
Calle Yahuar Huaca 215 Urb. San Agustín II etapa - Comas - Lima - LIMA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.4	20.7
Humedad Relativa	64%	65%



9. Patrones de referencia


Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	PESAS (Clase de Exactitud: F1)	PE-17-C-0354
Patrones de referencia	PESAS (Clase de Exactitud: F1)	PE-17-C-0355

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima
email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LM - 098 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Masas Página 3 de 4

11. Resultados de Medición


INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	20.2 °C	20.4 °C

Medición N°	Carga L1 = 300 g			Carga L2 = 600 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	300.00	5.000	0.000	600.00	5.000	0.000	
2	300.00	5.000	0.000	600.00	5.000	0.000	
3	300.00	5.000	0.000	600.00	5.000	0.000	
4	300.00	5.000	0.000	600.00	5.000	0.000	
5	300.00	5.000	0.000	600.00	5.000	0.000	
6	300.00	5.000	0.000	600.00	5.000	0.000	
7	300.00	5.000	0.000	600.00	5.000	0.000	
8	300.00	5.000	0.000	600.00	5.000	0.000	
9	300.00	5.000	0.000	600.00	5.000	0.000	
10	300.00	5.000	0.000	600.00	5.000	0.000	
Diferencia Máxima			0.000	Diferencia Máxima			0.000
Error Máximo Permissible			± 30.000	Error Máximo Permissible			± 30.000



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">2</td><td style="padding: 2px;">1</td><td style="padding: 2px;">5</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">3</td><td style="padding: 2px;">4</td><td></td></tr> </table>	2	1	5	3	4		Posición de las cargas	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Inicial</td> <td style="text-align: center;">Final</td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td style="text-align: center;">20.4 °C</td> <td style="text-align: center;">20.2 °C</td> </tr> </table>		Inicial	Final	Temperatura	20.4 °C	20.2 °C
2	1	5												
3	4													
	Inicial	Final												
Temperatura	20.4 °C	20.2 °C												

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0.10	0.10	5.000	0.000	200.00	200.00	5.000	0.000	
2		0.10	5.000	0.000		200.00	5.000	0.000	0.000
3		0.10	5.000	0.000		200.00	5.000	0.000	0.000
4		0.10	5.000	0.000		200.00	5.000	0.000	0.000
5		0.10	5.000	0.000		200.00	5.000	0.000	0.000
Error máximo permisible								± 30.000	

* Valor entre 0 y 10e

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima
email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - 8947419158



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 098 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Masas Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Inicial Final
20.5 °C 20.6 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0.10	0.10	5.000	0.000	0.000	0.10	5.000	0.000	0.000	10.000
0.20	0.20	5.000	0.000	0.000	0.20	5.000	0.000	0.000	10.000
1.00	1.00	5.000	0.000	0.000	1.00	5.000	0.000	0.000	10.000
10.00	10.00	5.000	0.000	0.000	10.00	5.000	0.000	0.000	10.000
50.00	50.00	5.000	0.000	0.000	50.00	5.000	0.000	0.000	20.000
100.00	100.00	5.000	0.000	0.000	100.00	5.000	0.000	0.000	20.000
200.00	200.00	5.000	0.000	0.000	200.00	5.000	0.000	0.000	30.000
300.00	300.00	5.000	0.000	0.000	300.00	5.000	0.000	0.000	30.000
400.00	400.00	5.000	0.000	0.000	400.00	5.000	0.000	0.000	30.000
500.00	500.00	5.000	0.000	0.000	500.00	5.000	0.000	0.000	30.000
600.00	600.00	5.000	0.000	0.000	600.00	5.000	0.000	0.000	30.000

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.



Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{ (0.000017 \text{ g}^2 + 0.000000000000 - R^2) }$

Lectura corregida $R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000000 R$

12. Incertidumbre
 La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima
 email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158

H. Costos unitarios de carpeta asfáltica convencional y con 0.5% zeolita natural

Material para 1 m² de carpeta asfáltica semicaliente de e = 2''

Datos:

Peso unitario recipiente	: 533.33 kg/m ³
PUS arena fina #4	: 1,121.11 kg/m ³
PUS piedra chancada 3/4''	: 1,505.00 kg/m ³
PUS arena chancada 1/4''	: 1,671.67 kg/m ³
PUS arena zarandeada 1/4''	: 1,613.88 kg/m ³
Cemento asfáltico	: 980 kg/cm ³

Diseño

Arena fina #4	: 10%
Piedra chancada 3/4''	: 33%
Arena chancada 1/4''	: 28%
Arena zarandeada 1/4''	: 27%
Cemento asfáltico	: 5.63%
Zeolita natural	: 0.5%
Cal	: 1.5%
Cal	: 2%

Determinación de la cantidad de materiales con respecto a la mezcla asfáltica

$$Material = \frac{\% material \times (100\% - \%asfalto)}{100}$$

MEZCLA CONVENCIONAL 140°C

Arena fina #4	: 9.44%
Piedra chancada 3/4''	: 31.14%
Arena chancada 1/4''	: 26.42%
Arena zarandeada 1/4''	: 25.48%
Cemento asfáltico	: 5.63%
Cal (2%)	: 1.89%

MEZCLA MODIFICADA 100°C CON 0.5% DE ZEOLITA

Arena fina #4	: 9.44%
Piedra chancada 3/4''	: 31.14%
Arena chancada 1/4''	: 26.42%
Arena zarandeada 1/4''	: 25.48%
Cemento asfáltico	: 5.63%
Cal (1.5%)	: 1.41%
Zeolita (0.5%)	: 0.47%

Cantidad de materiales para 1 m² de carpeta asfáltica (e=2'')

$$\text{Peso: } 0.0508 \times 4810 = 244.35 \text{ kg/m}^2$$

$$Cantidad \ de \ material = \frac{\text{Peso} \times \% \ material}{100}$$

Arena fina #4	: 23.07 kg/m ²
Piedra chancada 3/4''	: 76.09 kg/m ²

Arena chancada 1/4"	:	64.56 kg/m ²
Arena zarandeada 1/4"	:	62.26 kg/m ²
Cemento asfáltico	:	13.76 kg/m ²

Volumen de materiales (m³/m² de carpeta asfáltica)

$$Volumen\ de\ material = \frac{Cantidad\ de\ material}{PUS}$$

Arena fina #4	:	0.0206 m ³ /m ²
Piedra chancada 3/4"	:	0.0506 m ³ /m ²
Arena chancada 1/4"	:	0.0386 m ³ /m ²
Arena zarandeada 1/4"	:	0.0386 m ³ /m ²
Cemento asfáltico	:	3.7092 gal/m ²
Cal 2%	:	4.6193 kg/m ²
Cal 1.5%	:	3.4461 kg/m ²
Zeolita 0.5%	:	1.1487 kg/m ²

5.63% _____ 13.76 kg/m²

1.89% _____ x

$$X=4.6193\ kg/m^2$$

ANEXO n.º 87. Costos unitarios de carpeta asfáltica convencional y con 0.5% de zeolita

Presupuesto	0102012 MEZCLA ASFALTICA			
Subpresupuesto	001 MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL - 140°C			
Partida	PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA E=2"			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m2
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Mano de Obra				
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960
Materiales				
0207020003	ARENA CHANCADA 1/4"	m3		0.0386
0207020004	ARENA ZARANDEADA 1/4"	m3		0.0386
0207020005	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.0506
0207020006	ARENA FINA N°4	m3		0.0206
02130100060001	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	gal		3.7092
0213020001	CAL	kg		4.6193
Equipos				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-1	hm	1.0000	0.0320
0301220009	CAMION VOLQUETE 15m3	hm	6.3750	0.2040

Presupuesto	0102012 MEZCLA ASFALTICA				Fecha presupuesto
Subpresupuesto	002 MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA - 100°C CON 0.5% DE ZEOLITA				
Partida	PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA E=2" con 0.5% de zeolita				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m2	98.84
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.
Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	2.62
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	2.13
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960	1.92
Materiales					
0207020003	ARENA CHANCADA 1/4"	m3		0.0386	75.90
0207020004	ARENA ZARANDEADA 1/4"	m3		0.0386	35.00
0207020005	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.0506	75.90
0207020006	ARENA FINA N°4	m3		0.0206	55.00
02130100060001	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	gal		3.7092	12.00
0213020001	CAL	kg		3.4461	1.50
0213020004	ZEOLITA NATURAL	kg		1.1487	1.30
Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.33
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-1	hm	1.0000	0.0320	170.00
0301220009	CAMION VOLQUETE 15m3	hm	6.3750	0.2040	160.00
38.09					