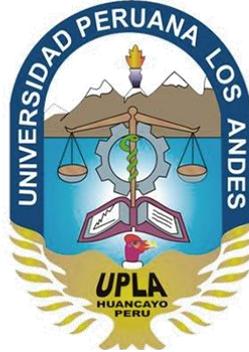


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“AMINAS GRASAS COMO MEJORADOR DE ADHERENCIA
PARA CONTRARRESTAR LA EROSIÓN DEL MAC POR
LLUVIA HUANCAYO 2018”**

PRESENTADO POR:

Bach. JOSE LUIS GIBAJA CARBAJAL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

TRANSPORTE Y URBANISMO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO - PERÚ

2018

ASESOR: ING. ERNESTO GARCIA POMA

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis profesores quienes paso a paso me enseñaron con vocación académica, me motiva a superarme y alcanzar las metas que me propongo en la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional a lo largo del camino que decidí seguir para superarme, especialmente en los momentos más difíciles.

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ
PRESIDENTE

ING. MANUEL IVAN MAITA PEREZ
JURADO

ING ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ
JURADO

ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES
JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiv
SUMARY	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación y sistematización del problema	2
1.2.1. Problema General	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	2
1.3. Justificación	2
1.3.1. Justificación Práctica	2
1.3.2. Justificación Metodológica	3
1.4. Delimitaciones.....	3
1.4.1. Delimitación espacial.....	3
1.4.2. Delimitación temporal.....	4
1.4.3. Delimitación Económica	4
1.5. Limitaciones.....	4
1.6. Objetivos.....	5
1.6.1. Objetivo General	5
1.6.2. Objetivos Específicos	5

CAPITULO II:	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	8
2.2. Marco conceptual.....	9
2.3. Definición de términos.....	19
2.4. Hipótesis.....	22
2.4.1. Hipótesis General.....	22
2.4.2. Hipótesis Especificas	22
2.5. Variables e indicadores.....	22
2.5.1. Definición Conceptual de las Variables.....	22
2.5.2. Definición Operacional de las variables	23
2.5.3. Operacionalización de la variable	23
CAPITULO III:	25
METODOLOGÍA	25
3.1. Método de investigación.....	25
3.2. Tipo de Investigación.....	25
3.3. Nivel de Investigación.....	25
3.4. Diseño de la Investigación	25
3.5. Población y Muestra	26
3.5.1. Población	26
3.5.2. Muestra	26
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.7. Procesamiento de la información.....	26
3.8. Técnicas y análisis de datos	27
CAPITULO IV:.....	28

RESULTADOS.....	28
4.1. Caracterización de los componentes de la mezcla asfáltica.....	28
4.1.1. Caracterización y granulometría de agregados	28
4.1.2. Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E 204	28
4.1.3. Caracterización de material base.....	28
4.1.4. Óptimo porcentaje de Asfalto.....	38
4.1.5. Efecto de la lluvia en MAC	42
4.2. Adherencia en Bandeja.....	47
4.3. Aminas Grasas - Caracterización de mezcla asfáltica mejorada.....	50
4.3.1. Efecto de la lluvia en MAC con Aminas Grasas.....	51
4.4. Aminas Grasas – Adherencia en bandeja.....	56
4.4.1. Resultados de Adherencia con Aminas Grasas	65
CAPÍTULO V.....	104
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	104
CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	109
ANEXOS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones nivel de penetración.....	16
Tabla 2: Operacionalización de variables	24
Tabla 3: Análisis Granulométrico – Arena Procesada.....	29
Tabla 4: Análisis Granulométrico – Arena Natural	30
Tabla 5: Análisis Granulométrico – Piedra Chancada ½”.....	32
Tabla 6: Análisis Granulométrico – Piedra Chancada ¾”.....	34
Tabla 7: Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E 204	36
Tabla 8: Pesos por Tamiz para briqueta de Marshall.....	38
Tabla 9: Datos de Porcentaje Óptimo de Asfalto	39
Tabla 10: Briqueta con óptimo porcentaje de asfalto	41
Tabla 11: Datos de cada Briqueta expuesta ante agua de lluvia	43
Tabla 12: Resultados de Ensayo de Adherencia en Bandeja – Natural.....	47
Tabla 13: Resultados de Ensayo de Adherencia en Bandeja – Natural.....	50
Tabla 14: Briqueta con óptimo porcentaje de asfalto	51
Tabla 15: Datos de cada Briqueta con Aminas grasas expuesta ante agua de lluvia.....	53
Tabla 16: Resultados de Adherencia en Bandeja – Aminas grasas 0,3%	57
Tabla 17: Resultados de Adherencia en Bandeja – Aminas grasas 0,5%	60
Tabla 18: Resultados de Adherencia en Bandeja – Aminas grasas 0,7%	63
Tabla 19: Resultados de Adherencia según porcentaje de Aminas Grasas	65
Tabla 20: Datos descriptivos de estabilidad por días de ensayo - Natural.....	67
Tabla 21: Pruebas de normalidad en estabilidad corregida	68
Tabla 22: Tabla de Correlación de Sberman	73
Tabla 23: Intensidad de correlación	73

Tabla 24: Intensidad de correlación	75
Tabla 25: Prueba de normalidad de fluencia.....	76
Tabla 26: Estadísticos descriptivos Estabilidad mejorada – Aminas Grasas ...	81
Tabla 27: Estadísticos descriptivos Estabilidad mejorada – Aminas Grasas ...	82
Tabla 28: Tabla de Correlación de Sperman	87
Tabla 29: Intensidad de correlación	88
Tabla 30: Intensidad de correlación	89
Tabla 31: Prueba de normalidad de fluencia – Aminas Grasas	91
Tabla 32: Datos descriptivos de adherencia en bandeja - Días	96
Tabla 33: Pruebas de normalidad en porcentaje de adherencia	97
Tabla 34: Tabla de Correlación de Spearman - Adherencia	102
Tabla 35: Intensidad de correlación	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Croquis ciudad de Huancayo	4
Figura 2: Aguja de penetración	15
Figura 3: Efectos de un modificador Antistripping	18
Figura 4: Curva granulométrica – Arena Chancada	30
Figura 5: Curva granulométrica – Arena Natural.....	31
Figura 6: Curva granulométrica - Piedra Chancada de ½”	33
Figura 7: Curva granulométrica - Piedra Chancada de ¾”	35
Figura 8: Representación Gráfica de la Granulometría de la combinación de agregados	37
Figura 9: Porcentaje de asfalto – Resistencia en kgf	40
Figura 10: Porcentaje de asfalto – Deformación en milímetros.....	40
Figura 11: Histograma de Porcentajes de Adherencia por partícula	49
Figura 12: Adherencia con variación de tiempo en la metodología a condición natural	50
Figura 13: Histograma de Porcentajes de Adherencia por partícula 0.3%.....	59
Figura 14: Histograma de Porcentajes de Adherencia por partícula 0.5%.....	62
Figura 15: Histograma de Porcentajes de Adherencia por partícula 0.7%.....	65
Figura 16: Resultados de Adherencia por porcentaje de Aminas Grasas	66
Figura 17: Curva de normalidad para muestra inalterada	69
Figura 18: Curva de normalidad para muestra sumergida 5 días	69
Figura 19: Curva de normalidad para muestra sumergida 10 días	70
Figura 20: Curva de normalidad para muestra sumergida 15 días	70
Figura 21: Curva de normalidad para muestra sumergida 15 días	71

Figura 22: Diagrama de Bigotes de la resistencia de cada briqueta por días sumergidos.....	72
Figura 23: Días de Ensayo por Estabilidad ensayada.....	74
Figura 24: Curva de normalidad Deformación – condición natural.....	77
Figura 25: Curva de normalidad Deformación – 5 días.....	77
Figura 26: Curva de normalidad Deformación – 10 días.....	78
Figura 27: Curva de normalidad Deformación – 15 días.....	78
Figura 28: Curva de normalidad Deformación – 20 días.....	79
Figura 29: Diagrama de Bigotes – deformación Natural	79
Figura 30: Deformación (mm) ensayados cada 5 días.....	80
Figura 31: Curva de normalidad Deformación – Natural	83
Figura 32: Curva de normalidad Deformación – 5 días.....	84
Figura 33: Curva de normalidad Deformación – 10 días.....	84
Figura 34: Curva de normalidad Deformación – 15 días.....	85
Figura 35: Curva de normalidad Deformación – 20 días.....	85
Figura 36: Diagrama de Bigotes Estabilidad – Aminas Grasas.....	86
Figura 37: Días de Ensayo por Estabilidad ensayada mejorada con Aminas Grasas.....	89
Figura 38: Curva de normalidad Deformación – condición natural.....	92
Figura 39: Curva de normalidad Deformación – 5 días.....	92
Figura 40: Curva de normalidad Deformación – 10 días.....	93
Figura 41: Curva de normalidad Deformación – 15 días.....	93
Figura 42: Curva de normalidad Deformación – 20 días.....	94
Figura 43: Diagrama de Bigotes – deformación Aminas Grasas.....	94
Figura 44: Deformación (mm) ensayados cada 5 días – Aminas Grasas	95

Figura 45: Curva de normalidad - muestra inalterada	98
Figura 46: Curva de normalidad para muestra con 0.3 % Aminas Grasas	99
Figura 47: Curva de normalidad para muestra con 0.5 % Aminas Grasas	99
Figura 48: Curva de normalidad para muestra con 0.7 % Aminas Grasas	100
Figura 49: Diagrama de Bigotes del porcentaje de adherencia.....	101
Figura 50: Días de Ensayo por Adherencia en bandeja.....	103
Figura 51: Estabilidad Natural/Aminas grasas	104
Figura 52: Estabilidad Natural / Aminas grasas	105
Figura 53: Adherencia Natural / Aminas grasas.....	106

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cómo las aminas grasas influyen en la adherencia para contrarrestar la erosión de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia en Huancayo?, el objetivo general fue: Determinar la influencia de las aminas grasas en la adherencia para contrarrestar la erosión de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia en Huancayo, la hipótesis general que se verificó fue: Las aminas grasas incrementan significativamente en la adherencia para contrarrestar la erosión de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia en Huancayo.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, de nivel descriptivo explicativo y de diseño experimental. La población estuvo conformada por los pavimentos flexibles de la red vial de Huancayo, el tipo de muestreo fue dirigido o intencional, la muestra fue de 150 briquetas sometidos a ensayo.

El resultado de este estudio fue que al agregar las aminas grasas en un 0.7% a la mezcla asfáltica en caliente, se observó que la adherencia se incrementa en un 47% mejorando la estabilidad y el flujo, controlando la erosión por lluvia.

Palabras claves: Aminas grasas, adherencia, erosión, mezcla asfáltica.

SUMMARY

The present investigation had as a general problem: How do fatty amines influence adhesion to counteract the erosion of the hot asphalt mix due to rain in Huancayo ?, The general objective was: To determine the influence of fatty amines on adhesion to counteract the erosion of the hot asphalt mix due to rain in Huancayo, the general hypothesis that was verified was: Fatty amines significantly increase the adherence to counteract the erosion of the hot asphalt mix due to rain in Huancayo.

The general method of investigation was the scientific one, the type of investigation was applied, of descriptive explanatory level and of experimental design. The population was made up of the flexible pavements of the Huancayo road network, the type of sampling was directed or intentional, the sample was 150 briquettes tested.

The result of this study was that when adding fatty amines by 0.7% to the hot asphalt mix, it was observed that adhesions increase by 47% improving stability and flow, controlling erosion by rain.

Key words: Fatty amines, adherence, erosion, asphalt mix.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es una actividad de suma importancia dentro del desarrollo económico de un país, constituyendo un verdadero motor en el progreso de una sociedad, es por eso que en la actualidad la mezcla asfáltica en caliente es el componente que prima con respecto a las construcciones de pavimento flexible. Es así que la industria del asfalto se ha visto en la necesidad de producir diferentes tipos, calidades, texturas y nuevas tecnologías que aporten mejoras a la calidad y resistencia integral del pavimento de acuerdo a los usos y las necesidades de los actuales proyectos viales que se desarrollan en nuestro país.

Por consiguiente, el desarrollo y la comodidad de una mezcla asfáltica en caliente es de enorme consideración para aseverar la transitabilidad y confort al hacer uso de una vía. Las causas que afectan el comportamiento de un pavimento a lo largo de su vida útil son temperatura, tensión de carga, envejecimiento y la adherencia. La importancia del comportamiento estructural de una mezcla asfáltica en caliente es parte fundamental que permite obtener un pavimento fuerte y durable a lo largo de su periodo de diseño. La necesidad de mejorar la movilización de la multitud y mercancías ordena a la construcción de rutas con mayores resistencias y con más durabilidad a menores costos razonables que hagan más eficaces la inversión del estado en esta área.

La presente tesis refiere al accionar de las mezclas asfálticas en caliente utilizando aminas grasas para mejorar la adherencia ante las precipitaciones pluviales en la ciudad de Huancayo, de esta forma presenta procedimientos que contribuyan el estudio de los causantes para mejorar el diseño de la mezcla asfáltica en caliente acorde a las condiciones locales y favoreciendo de esta manera una mayor duración, reducción de costos de operación y mantenimiento y finalmente mejorar la transitabilidad en la vía.

En nuestro medio, principalmente en la provincia de Huancayo, departamento de Junín, existen proveedores de mezcla asfáltica en caliente, estas, se dedican a la producción y distribución empleando para ello distintas pruebas como el ensayo Marshall para garantizar su resistencia y funcionabilidad de las vías, sin embargo no se cuenta con la información a la mano para garantizar el correcto uso de los distintos tipos, marcas y calidades de mejoradores de adherencia en

la industria de la construcción vial. Es por ello que nos vemos en la necesidad de utilizar las aminas grasas y agregar un porcentaje óptimo modificando la viscosidad y así mejorar la adherencia contrarrestando el efecto de erosión e incrementando la estabilidad y el flujo, siendo estas las propiedades más fundamentales con respecto a la mezcla asfáltica en caliente, y así dotar y facilitar esta información a las constructoras, ingenieros, arquitectos y maestros de obra de la provincia de Huancayo.

Se espera que el presente estudio brinde un aporte a la urgente necesidad de la provincia de Huancayo, en contar con un mejorador de adherencia en las mezclas asfálticas en caliente con respecto a su resistencia a la erosión, estabilidad y flujo.

La presente tesis se desarrolló en cinco capítulos:

El capítulo I. Describe el planteamiento del problema, su formulación nos permite tener un resultado claro de la situación problemática. Se formula el objetivo general y los específicos con su respectiva justificación.

En el capítulo II. Se presenta el marco teórico conteniendo los antecedentes internacionales y nacionales, el marco conceptual y la definición de términos. Se plantea las hipótesis y variables e indicadores.

En el capítulo III. Se define la metodología según el tipo, nivel y diseño, se determina la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección, procesamiento de información y técnicas y análisis de datos.

En el capítulo IV. Se presenta los resultados como aporte principal de la presente investigación.

En el capítulo V se presenta la discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones.

Bach. Jose Luis Gibaja Carbajal.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel internacional se cuenta con una gran gama de aditivos (mejoradores de adherencia) enfocados en mejorar la serviciabilidad de los pavimentos, como es el caso de otros países que usan y le dan una gran importancia al uso de aditivos siendo Suiza y Singapur donde según el Foro Económico mundial de índice de competitividad actualizado al 2018, resalta que, la extensión, la condición y el sostenimiento adecuado de las redes viales de estos países se encuentran con una puntuación elevada en el ranking de los parámetros más importantes para determinar la calidad de las carreteras, base fundamental para el crecimiento del pilar de la infraestructura.

En el Perú el uso de aditivos mejoradores es muy escaso debido a la adquisición de productos mejoradores de pavimento de alta calidad que se ve obstaculizado debido a los elevados costos que estos presentan ya que son importados de otros países. Asimismo, la red vial de nuestro país se ve afectado por distintos factores que desgastan nuestras vías como es el efecto de la erosión. En general las vías deben de ser seguras y confortables con el único objetivo de seguir manteniendo la sostenibilidad del desarrollo de cada localidad, y para alcanzarlo es importante apoyarse en uso de aditivos mejoradores de adherencia.

La condición de un pavimento flexible se encuentra en función a las cargas aplicadas por ejes equivalentes durante su periodo de diseño, en la localidad de Huancayo se presentan factores que alteran y disminuyen el tiempo de vida de un pavimento flexible. Uno de estos principales factores es una característica climática de la ciudad de Huancayo, ya que a lo largo de un día normal en la ciudad se evidencia un aumento y descenso brusco de la temperatura, acompañado de abundantes precipitaciones pluviales.

El efecto de la precipitación pluvial en el pavimento flexible origina una alta exposición a la humedad, el problema de las mezclas asfálticas por humedad es posiblemente el que más destaca en perjuicio al que se ven expuestos los pavimentos flexibles, lo que se traduce en la producción de altos costos con el propósito de llevar a cabo las respectivas acciones de mantenimiento y reparación. Por esta razón, se considera de mucha importancia el diseño de la mezcla asfáltica en caliente utilizando las aminas grasas para contrarrestar la erosión frente a las precipitaciones pluviales, propósito de la presente investigación.

Huancayo a lo largo del tiempo viene presentando los indicios de un deterioro progresivo de las pistas debido al aumento excesivo del transporte, así como la recurrente humedad producida por las lluvias en la provincia de Huancayo, las principales causas que intervienen en el deterioro son la temperatura y la presión, las cuales en presencia de agua causan la pérdida aún mayor conllevando a la erosión y su posterior deterioro de adherencia entre el agregado y el asfalto disminuyendo la efectividad de la mezcla asfáltica en caliente.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo las aminas grasas influyen en la adherencia para contrarrestar la erosión de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cómo las aminas grasas influyen la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia?
- b) ¿Cómo las aminas grasas influyen en el flujo de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Práctica

La presente investigación se realiza debido a que es necesario controlar la precipitación pluvial producto en la saturación de la

carpeta asfáltica, ya que esto puede producir una pérdida de adherencia entre el material granular y el ligante asfáltico.

La aplicación de las aminas grasas como mejorador de adherencia en el ligante asfáltico y el agregado sirven para mejorar la adherencia y prevenir fallas tempranas en la carpeta asfáltica que genera un impacto negativo en la gestión de pavimentos y en la economía por el aumento de demanda de mantenimientos requeridos. De esta forma se obtendrá la data necesaria en los ensayos de laboratorio para validar y tener una confiabilidad de los datos obtenidos y poder utilizarlos en la presente investigación.

1.3.2. Justificación Metodológica

En la presente tesis la utilización de aminas grasas y su aplicación en mejorar la adherencia de la mezcla asfáltica en caliente mediante métodos científicos, al ser situaciones que pueden ser investigadas por la ciencia permitió a través de los ensayos realizados demostrar su validez y confiabilidad que podrán ser utilizados en otros trabajos de investigación.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación espacial

El presente estudio se desarrolla en la ciudad de Huancayo, debido a que se analizará el efecto de la precipitación pluvial característica de la ciudad de Huancayo y la erosión acelerada producida por la saturación.

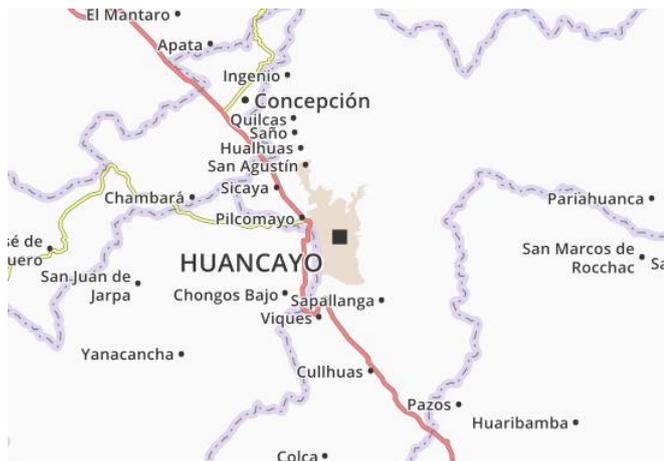


Figura 1: Croquis ciudad de Huancayo

1.4.2. Delimitación temporal

En el presente estudio se desarrolló la elaboración de las briquetas y la ejecución de los ensayos en 3 meses, tiempo que permitió la obtención de resultados y prueba de las hipótesis planteadas.

1.4.3. Delimitación Económica

El proyecto de investigación planteado cumplirá con la exigencia de utilizar las aminas grasas por su valor económico accesible cumpliendo la factibilidad de su utilización e inversión. Al contrario que, los mejoradores de adherencia comerciales son caros siendo en ocasiones inaccesibles su utilización.

Además, el financiamiento de la presente tesis fue con recursos propios, que permitió obtener resultados de los ensayos.

1.5. Limitaciones

Durante el desarrollo de la presente tesis se tuvo como limitación la adquisición de aminas grasas que corresponden a productos químicos utilizados en la industria, en particular de materias primas renovables, en particular de aceites y grasas naturales, incluyendo aceite de coco, aceite de palma o plantas oleaginosas, semilla de colza, girasoles, soja. El uso de

aminas grasas permite modificar la viscosidad y por ende mejora la adherencia cumpliendo con los objetivos planteados en el presente estudio.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar que las aminas grasas influyen en la adherencia para contrarrestar la erosión de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar la influencia de las aminas grasas en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia
- b) Establecer el aporte de las aminas grasas en la variación del flujo de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia.

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Características del asfalto en el comportamiento de mezclas asfálticas Mdc-2 del Invias”, elaborado por, Mónica Andrea Bautista Sánchez. Tutor: Ing. Oscar Javier Reyes Ortiz PhD febrero 2012 Universidad Militar Nueva Granada Programa de Ingeniería Civil Bogotá, Bautista Sánchez, 2012, en la presente investigación tiene como objetivo instituir el efecto del tipo de asfalto en el comportamiento de una mezcla asfáltica MDC-2 del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

El estudio comenzó con la determinación de los insumos o materiales a ser empleados (agregado y asfaltos), seguido de la determinación del porcentaje óptimo de asfalto mediante el ensayo de Marshall. Luego se procedió con la fabricación de muestras con asfalto de penetración 60-70, 80-100 y modificado, para ser ensayadas en estado virgen y envejecido ensayados y trabajados mediante horno de circulación de aire. Los ensayos utilizados para establecer el comportamiento de las mezclas asfálticas fueron la resistencia a la tracción indirecta (RTI) y módulo resiliente en estado seco y húmedo.

Finalmente, en la investigación se pudo comprobar y llegar a las conclusiones que las mezclas asfálticas fabricadas con asfalto modificado soportan esfuerzos superiores a aquellas fabricadas con 60-70 y 80-100. De igual manera, se observó que el asfalto 80/100 presentó las menores resistencias, sin importar si fueron en estado seco, húmedo o envejecido. Por último, se evidencio a partir de la resistencia conservada, que las mezclas asfálticas con asfalto modificado, tienen una mejor conducta. (Bautista Sánchez, 2012).

Estudio de la susceptibilidad al daño por humedad de una mezcla asfáltica en caliente para rodadura utilizando asfalto 80/100 y su relación con el desempeño de campo Bogotá, enero 2014., Plaza Torralvo, 2014, en el siguiente trabajo, se aborda el inconveniente producido por la humedad sobre las mezclas asfálticas. Para eso, se empieza llevando a cabo una especificación de los antecedentes de estudios dirigidos en este sector, detallando claramente de esa forma los ordenamientos de examen para la valoración de los perjuicios causados por la humedad. Luego se avanza a la aplicación de la metodología inicial, para lo cual fueron extraídos núcleos de pavimento asfáltico del tramo que se ajusta a la doble calzada entre Bogotá y Villeta, escogido porque fue una carretera que ha anunciado perjuicios evidentemente notorios asociados a la humedad. En la segunda etapa se estudia y caracteriza los materiales granulares proporcionados por la firma Mario Huertas para una mezcla original llevada a cabo en laboratorio y para lo que se han realizado los mismos ensayos mecánicos.

Como producto de la navegación y desde el examen de los efectos encontrados, se llegó a la conclusión de que las mezclas asfálticas en todo el país tienen la oportunidad de enseñar un mismo accionar frente a la ostentación a altos índices de humedad. En relación a las distintas pruebas realizadas, se llegó a entender que el ensayo TSR no ha podido emular todas las condiciones encontradas en el campo, puesto comenzando no tiene presente el tráfico al cual se dan a comprender las mezclas asfálticas. Los ensayos de módulo dinámico, ahuellamiento y fatiga sería aparente la consideración de usar un trámite que acapare todas estas características. Por último, y apoyado en los resultados del estudio, se recomienda seguir corriendo investigaciones en este campo de aplicación, debido a que hay múltiples causantes y condiciones que afectan el estado de las mezclas asfálticas y no se tienen la oportunidad de en este estudio arrancar todas. (Plaza Torralvo, y otros, 2014)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Conservación de pavimentos: metodología y estrategias, Delman Salomón, 2014, Este artículo se basó sobre la subsistencia de pavimentos conforme al modelo estadounidense en desarrollo sobre Gestión de Pavimentos (Pavement Management) e Inventario Vial (Asset Management). Además, proponen que una Gestión de Pavimentos completa, que una todos los sistemas sobre infraestructura vial a la conservación de pavimentos logrando así la optimización de los recursos económicos. El autor hace hincapié en que la integración de los sistemas mencionados, incluyendo la conservación de pavimentos, depende en gran medida del acogimiento, la ejecución que reciba a nivel regional, así como del entendimiento del concepto de manejo de la vida útil, de la red vial. Este trabajo de investigación concluye en que un programa de conservación de carreteras bien estructurado ahorra dinero a largo plazo y esta prestación es siempre bien recibido por los usuarios, los cuales se ven continuamente afectados en primera instancia debido a que al ser los usuarios residentes quienes proveen de presupuesto hacia las entidades municipales de su localidad.

Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional Pen 85-100 Plus y mezcla asfáltica modificada con polímero tipo Sbs Pg 70-28, Estrada Escalante, 2017, en la investigación tiene como objetivo analizar el desempeño de la mezcla asfáltica convencional PEN 85-100 plus y mezcla asfáltica modificada con polímero tipo SBS PG 70-28 teniendo en cuenta que en la ciudad de Cusco es común emplear el asfalto PEN 85-100.

A la conclusión llegada fue que la mezcla asfáltica modificada con polímero SBS PG 70 -28 demostró tener un mejor desempeño de sus propiedades mecánicas y mucho mayor desempeño que la mezcla bituminosa convencional PEN 85/100, lo que fue demostrado a través de los resultados de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas (estabilidad y flujo), donde la mezcla asfáltica

modificada con polímero SBS PG 70 -28, presenta una resistencia superior a la mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus. (Estrada Escalante, 2017).

2.2. Marco conceptual

a) MEZCLAS ASFÁLTICAS

Los métodos de diseño y los requisitos de diseño forman una parte esencial para todas las mezclas de concreto asfáltico en caliente. La agencia o autoridad responsable de la construcción de pavimentos (Departamento de Transporte) generalmente establece el método de diseño de la mezcla asfáltica en caliente y los requisitos de diseño.

Una vez que se establecen, el Contratista / Productor y su técnico se convierten en responsabilidad de desarrollar la combinación dentro del marco de los requisitos de especificación.

Se debe diseñar, producir y colocar una mezcla de concreto asfáltico en caliente para obtener las siguientes propiedades de mezcla deseables:

- Estabilidad
- Durabilidad
- Flexibilidad
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia al deslizamiento
- Impermeabilidad
- Trabajabilidad

b) ESTABILIDAD

La estabilidad de un pavimento asfáltico es su capacidad de resistir empujones y surcos bajo cargas (tráfico). Un pavimento estable mantiene su forma y suavidad bajo cargas repetidas; un pavimento inestable desarrolla surcos (canales), ondulaciones (lavado de tablas u ondulaciones) y otros signos de desplazamiento de la mezcla.

Debido a que las especificaciones de estabilidad para un pavimento dependen del tráfico que se espera que use el pavimento, los requisitos se pueden establecer solo después de un análisis exhaustivo del tráfico. Las especificaciones de estabilidad deben ser lo suficientemente altas para manejar el tráfico de manera adecuada, pero no más altas de lo que requieren las condiciones del tráfico. Un valor de estabilidad demasiado alto produce un pavimento demasiado rígido y, por lo tanto, menos duradero de lo deseado.

La estabilidad de una mezcla depende de la fricción interna y la cohesión. La fricción interna entre las partículas agregadas (fricción entre partículas) está relacionada con las características agregadas, como la forma y la textura de la superficie. La cohesión resulta de la capacidad de unión del aglutinante.

Un grado adecuado tanto de fricción interna como de cohesión en una mezcla evita que las partículas agregadas se muevan una sobre la otra por las fuerzas ejercidas por el tráfico. En general, cuanto más angular sea la forma de las partículas de agregado y cuanto más áspera sea la textura de su superficie, mayor será la estabilidad de la mezcla. Donde no se dispone de agregados con características de alta fricción interna, se pueden usar mezclas más económicas que usan agregados con valores de fricción más bajos donde se espera tráfico ligero.

Al aumentar la fuerza de unión de la cohesión, aumenta la velocidad de carga (tráfico). De igual manera, al aumentar la cohesión, aumenta la viscosidad del aglutinante o cuando la temperatura del pavimento disminuye. Además, la cohesión aumentará al aumentar el contenido de la carpeta, hasta cierto punto. Más allá de ese punto, el aumento del contenido de aglomerante crea una película demasiado gruesa sobre las partículas agregadas, lo que resulta en una pérdida en la fricción entre partículas. La estabilidad insuficiente en un pavimento tiene muchas causas y efectos.

c) DURABILIDAD

La durabilidad de un pavimento asfáltico es su capacidad para resistir factores como los cambios en el aglomerante (polimerización y oxidación), la desintegración del agregado y la separación de las películas de aglomerante del agregado. Estos factores pueden ser el resultado del clima, el tráfico o una combinación de ambos. En general, la durabilidad de una mezcla se puede mejorar mediante tres métodos. Son:

- Utilizando el contenido máximo de carpeta,
- Usando una gradación densa de agregado resistente al desbroce, y
- Diseñando y compactando la mezcla para una máxima impermeabilidad.

El contenido máximo de aglutinante aumenta la durabilidad de la mezcla asfáltica porque las películas de aglomerante gruesas no envejecen ni se endurecen aceleradamente como las delgadas. En consecuencia, el aglomerante conserva sus características originales por más tiempo. Además, el contenido máximo de aglomerante sella efectivamente un mayor porcentaje de huecos de aire interconectados en el pavimento, lo que dificulta la penetración del agua y el aire. Por supuesto, un cierto porcentaje de vacíos de aire debe dejarse abierto en el pavimento asfáltico para contribuir a la expansión de la carpeta en climas cálidos.

Una gradación densa de agregados sólidos y resistentes a la extracción contribuye a la durabilidad del pavimento de tres maneras. Una gradación densa proporciona un contacto más cercano entre las partículas agregadas. Esto mejora la impermeabilidad de la mezcla. Un agregado sólido resiste la desintegración bajo la carga de tráfico; y los agregados resistentes a la extracción del agua y el tráfico, que tienden a quitar la película de aglomerante de las partículas de agregados y llevan al deshilachado del pavimento. Bajo ciertas condiciones, la resistencia de una mezcla al decapado se puede aumentar mediante el uso de aditivos anti decapante o cargas minerales como la cal hidratada.

Diseñar y compactar la mezcla para dar al pavimento la máxima impermeabilidad minimiza la entrada de aire y agua en el pavimento.

d) IMPERMEABILIDAD

La impermeabilidad es la resistencia de un pavimento asfáltico al paso del aire y el agua a través de él. Esta característica está relacionada con el contenido de vacío de la mezcla compactada, y gran parte de la discusión sobre vacíos en las secciones de diseño de mezcla se relaciona con la impermeabilidad.

Aunque el contenido del vacío es una indicación del potencial de paso del aire y del agua a través de un pavimento, el carácter de estos vacíos es más importante que el número de vacíos. El tamaño de los vacíos, estén o no interconectados, y el acceso de los vacíos a la superficie del pavimento determina el grado de impermeabilidad.

Aunque la impermeabilidad es importante para la durabilidad de las mezclas de pavimentación compactadas, prácticamente todas las mezclas de asfalto utilizadas en la construcción de carreteras son permeables hasta cierto punto. Esto es aceptable siempre que esté dentro de los límites especificados

e) TRABAJABILIDAD

La trabajabilidad describe la facilidad con la que se puede colocar y compactar una mezcla de pavimentación. Las mezclas con buena trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar, la trabajabilidad se puede mejorar cambiando los parámetros de diseño de la mezcla, la fuente agregada y/o la gradación.

Las mezclas duras (mezclas que contienen un alto porcentaje de agregado grueso) tienen una tendencia a segregarse durante el manejo y también pueden ser difíciles de compactar. Mediante el uso de mezclas de prueba en el laboratorio, se pueden agregar agregados finos adicionales y quizás aglutinante, a una mezcla áspera para hacerla más viable. Se debe tener cuidado para garantizar que la mezcla alterada cumpla con todos los demás criterios de diseño, como el contenido y la

estabilidad del vacío. Un contenido de relleno demasiado alto también puede afectar la viabilidad. Puede hacer que la mezcla se vuelva gomosa, lo que dificulta su compactación. La trabajabilidad es especialmente importante cuando se requiere un poco de colocación de las manos y rastrillado (enrollamiento) alrededor de tapas de pozo, curvas cerradas y otros obstáculos. Es importante que las mezclas usadas en tales áreas sean altamente viables.

Las mezclas que pueden ser trabajadas o empujadas con demasiada facilidad se conocen como mezclas tiernas. Las mezclas tiernas son demasiado inestables para colocarlas y compactarlas adecuadamente. A menudo son causados por una escasez de relleno mineral, demasiada arena de tamaño mediano y partículas de agregados redondeadas y/o demasiada humedad en la mezcla. Aunque normalmente no es un contribuyente importante a los problemas de trabajabilidad, la carpeta de asfalto tiene algún efecto sobre la trabajabilidad. Debido a que la temperatura de la mezcla afecta a la viscosidad del aglutinante, una temperatura demasiado baja hará que una mezcla sea inviable, una temperatura demasiado alta puede hacerla más tierna. El grado de aglomerante también puede afectar la capacidad de trabajo, al igual que el porcentaje de aglutinante en la mezcla.

f) FLEXIBILIDAD

La flexibilidad es la capacidad de un pavimento asfáltico para adaptarse a asentamientos y movimientos graduales en el sub grado sin grietas. Dado que prácticamente todos los sub grados se asientan (bajo carga) o aumentan (debido a la expansión del suelo), la flexibilidad es una característica deseable para todos los pavimentos de asfalto. Una mezcla de graduación abierta con alto contenido de aglutinante es generalmente más flexible que una mezcla de baja graduación de gradiente denso. A veces, la necesidad de flexibilidad entra en conflicto con los requisitos de estabilidad, por lo que se deben hacer concesiones.

g) RESISTENCIA A LA FATIGA

La resistencia a la fatiga es la resistencia del pavimento a la flexión repetida bajo las cargas de las ruedas (tráfico). Los vacíos de aire (relacionados con el contenido de aglutinante) y la viscosidad del aglutinante tienen un efecto significativo en la resistencia a la fatiga. A medida que aumenta el porcentaje de huecos de aire en el pavimento, ya sea por diseño o por falta de compactación, la vida útil de la fatiga del pavimento se reduce drásticamente (el tiempo durante el cual un pavimento en servicio es adecuadamente resistente a la fatiga). Del mismo modo, un pavimento que contiene aglomerante que ha envejecido y endurecido ha reducido significativamente la resistencia a la fatiga.

El espesor y las características de resistencia del pavimento y la potencia de soporte del sub grado también tienen mucho que ver con determinar la vida útil del pavimento y evitar el agrietamiento asociado con la carga. Los pavimentos gruesos y bien soportados no se doblan tanto bajo la carga como los pavimentos delgados o mal soportados. Por lo tanto, tienen vida de fatiga más larga.

h) RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

La resistencia al deslizamiento es la capacidad de una superficie de asfalto para minimizar el deslizamiento de los neumáticos del vehículo. Para una buena resistencia al deslizamiento, la banda de rodadura del neumático debe mantener el contacto con las partículas agregadas en lugar de rodar sobre una película de agua debe ser sobre la superficie del pavimento (hidroplaneo). La resistencia al deslizamiento se mide típicamente en el campo a 40 mi/h con una llanta de la banda de rodadura estándar bajo un humedecimiento controlado de la superficie del pavimento. Una superficie de pavimento rugosa con muchos picos y valles pequeños tendrá una mayor resistencia al deslizamiento que una superficie lisa. La mejor resistencia al deslizamiento se obtiene con un agregado de textura rugosa en una mezcla de graduación relativamente abierta con un agregado de aproximadamente 3/8 in - 1/2 in (10-13 mm)

de tamaño máximo. Además de tener una superficie rugosa, los agregados deben resistir el pulido (suavizado) bajo el tráfico. Los agregados calcáreos se pulen más fácilmente que los áridos silíceos. Las mezclas inestables que tienden a acumularse o sangrar (vaciar el asfalto a la superficie) presentan graves problemas de resistencia al deslizamiento.

i) SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN

Los aglutinantes de asfalto se clasifican típicamente por uno o más sistemas de clasificación de taquigrafía de acuerdo con sus características físicas. Estos sistemas varían de simples a complejos y representan una evolución en la capacidad de caracterizar la carpeta de asfalto. Hoy en día, la mayoría de las agencias estatales usan o planean cambiar al sistema de calificación de desempeño (PG).



Figura 2: Aguja de penetración

Según la profundidad, una aguja estándar penetrará en una muestra de aglomerante de asfalto cuando se coloque bajo una carga de 100 g durante 5 segundos. La prueba es simple y fácil de realizar, pero no mide ningún parámetro fundamental y solo puede caracterizar el ligante asfáltico a una temperatura (77 °F). Los grados de penetración se

enumeran como un rango de unidades de penetración (una unidad de penetración = 0.1 mm de penetración por la aguja estándar).

Tabla 1: Especificaciones nivel de penetración

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °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) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽²⁾											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h											
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, 5 cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306			50		75		100		100	

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

En estos casos, las informaciones particulares instituirán el tipo de aditivo y las informaciones que cumplen tanto el cemento asfáltico modificado como las mezclas asfálticas resultantes, que van a ser competentes por el Supervisor, de la misma manera que la dosificación y dispersión homogénea del aditivo incorporado. (Estrada Escalante, 2017).

El ligante asfáltico va a poder modificarse por medio de la incorporación de aditivos de diferente naturaleza tales como: rejuvenecedores, polímeros, o algún otro aditivo mejorador garantizado, con los ensayos que corresponden. (Estrada Escalante, 2017).

j) MODIFICADORES DE LA CARPETA DE ASFALTO

Algunos cementos de asfalto requieren modificaciones para cumplir con las especificaciones. La modificación del cemento asfáltico se ha

practicado durante más de 50 años, pero ha recibido mayor esmero en la última década. Hay una gran cantidad de aditivos aglutinantes que se utilizan en el mercado actualmente. Los beneficios del cemento de asfalto modificado solo se pueden obtener mediante una selección sensata sobre los modificadores mejorados de mezcla asfáltica; no todos los modificadores son apropiados para todas las aplicaciones. En general, el cemento asfáltico debe modificarse para lograr los siguientes tipos de mejoras (Roberts et al., 1996)

- Menor rigidez (o viscosidad) a temperaturas altas asociadas con la edificación. Esto facilita el bombeo del ligante asfáltico líquido, así como la mezcla y compactación de HMA.
- Mayor rigidez a altas temperaturas de servicio. Esto reducirá la formación de surcos y empujones.
- Baja rigidez y propiedades de relajación más rápidas a bajas temperaturas de servicio. Esto reducirá el craqueo térmico.
- Mayor adherencia entre el cemento asfáltico y el agregado granular en exposición a la humedad. Esto reducirá la probabilidad de desnudarse. La Figura 3 muestra dos muestras agregadas de la misma fuente después de haber sido recubiertas con aglomerante asfáltico. El aglutinante de asfalto usado con la muestra de la izquierda no contiene modificador anti-stripping, lo que resultó en casi ninguna adhesión de aglomerante de ligante asfáltico y agregado. El aglomerante de asfalto utilizado con la muestra de la derecha contiene un 0,5% (en peso de aglomerante de asfalto) de un modificador anti-decapado, lo que resulta una buena adhesión del aglomerante de asfalto y agregados.



Figura 3: Efectos de un modificador Antistripping

Además del cemento asfáltico, otras tres formas de asfalto se usan de manera prominente en la industria de la pavimentación:

- Asfalto emulsionado: Suspensión de pequeños glóbulos de cemento asfáltico en agua, que es asistido por un agente emulsionante (como el jabón). Las emulsiones tienen viscosidades más bajas que el asfalto puro (plano) y, por lo tanto, pueden usarse en aplicaciones de baja temperatura. Después de aplicar una emulsión, el agua se evapora y solo queda el cemento asfáltico. Las emulsiones se utilizan a menudo como abrigos principales y abrigos de tachuela.
- Reducir el asfalto: Es una combinación de cemento asfáltico y disolvente de petróleo. Al igual que las emulsiones, los recortes se utilizan porque su viscosidad es menor que la del asfalto puro; por lo tanto, se puede usar en aplicaciones de baja temperatura. Después de aplicar una reducción, el solvente se evapora y solo queda el cemento asfáltico. Las reducciones son mucho menos comunes hoy en día porque el solvente del petróleo es más caro que el agua y puede ser una preocupación ambiental. Los recortes se utilizan normalmente como abrigos primarios y abrigos de tachuela.
- Asfalto espumado: Se forma combinando aglutinante de asfalto caliente con pequeñas cantidades de agua fría, cuando el agua fría entra en contacto con el aglutinante de asfalto caliente, se convierte

en vapor que queda atrapado en pequeñas burbujas de asfalto (World Highways, 2001).

- El resultado es una espuma de asfalto de gran volumen y película delgada. Este estado de espuma de alto volumen solo dura unos minutos, después de lo cual el aglutinante de asfalto recupera sus propiedades originales. El asfalto espumado se puede usar como un aglutinante en la estabilización del curso de suelo o base, y a menudo se usa como agente estabilizante en el reciclaje en lugar frío.

2.3. Definición de términos

a) PAVIMENTO FLEXIBLE

Se tiene que los pavimentos flexibles están compuestos generalmente por una carpeta bituminosa generalmente apoyada sobre unas capas no rígidas de base y sub base. Por lo general los pavimentos tienden a soportar y estar expuestas a cargas de tráfico, la funcionalidad del pavimento flexible depende de la capacidad de los elementos que conforman las capas, de esa forma el elemento perjudicial para el pavimento es la infiltración de agua a las capas de base y sub-base debido a la reducción de su capacidad portante y por consiguiente la disminución de la serviciabilidad del pavimento.(CASTAÑO FEDERICO, 2009).

b) MEZCLA ASFÁLTICA

Radica en un añadido de asfalto y materiales minerales (mezcla de numerosos tamaños de áridos y finos) que se intercalan juntos, se alargan en capas y se compactan. Gracias a sus características es el material más habitual en los proyectos de creación para firmes de rutas, aeropuertos y aparcamientos y se utiliza en el núcleo de algunas presas gracias a sus buenas características como impermeabilizante.

c) ADHERENCIA Y COHESIÓN

Adhesión es la aptitud de asfalto para adherirse al añadido en la mezcla de pavimento. Cohesión es la aptitud de asfalto de sostener firmemente, en su puesto, las partículas de añadido en el pavimento terminado.

d) ASFÁLTENOS

La parte de hidrocarburo de prominente peso molecular, en el asfalto, que es precipitada a través de un solvente parafinado de nafta, utilizando una proporción específica de solvente – asfalto.

e) ASFALTO

Material cementante, entre carmelita oscuro y negro, en el cual los constituyentes predominantes son bitúmenes que se muestran en la naturaleza o se consiguen en el procesamiento del petróleo. El asfalto es un constituyente, en proporciones cambiantes, de la mayor parte de los petróleos crudos.

f) ENSAYO MARSHALL

Procedimiento para obtener diferentes parámetros de calidad de una mezcla bituminosa. La utilización de este criterio en conjunto se limita solo a las mezclas asfálticas, utilizándose cementos asfálticos de penetración usual, y contenido de agregados con diámetro máximo de una pulgada (2,54 cm.) o menos.

g) ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Una composición de pavimento con todas sus capas compuestas de mezclas de asfalto y añadido, o con una conjunción de capas de asfalto y capas de añadido sin tratar, ubicadas sobre una sub rasante tratada o sin tratar.

h) AMINAS GRASAS

Las aminas grasas se fabrican a partir de los ácidos grasos que tienden a reaccionar fácilmente con amoníaco para formar nitrilos de cadena larga que se hidrogenan de esta manera para obtenerlas. Los usos principales de estos son agentes de actividad superficial, como emulsificantes, inhibidores de corrosión y modificadores de viscosidad. (Kirk, 2007).

i) ANTISTRIPPING

Es un agente basado en una formulación estadounidense. Es un aditivo para aumentar la vida útil prolongada de los caminos bituminosos. Debido a sus propiedades únicas, ayuda a crear una fuerte unión entre el asfalto y el agregado, lo que evita la penetración del agua, evitando así la formación de pozos y un mayor deterioro de las carreteras. (Yuva B, 2014)

j) EROSIÓN

Es el desgaste o deterioro que se produce en la superficie de un cuerpo por acción de agentes externos, como el viento o el agua, o por la fricción continua de otros cuerpos. (Pérez Porto, 2009)

k) MAC

Combinación de áridos (Incluido el polvo mineral) con un ligante. Las cantidades relativas de agregados y de material ligante determinan las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla. (Zuñiga Rosa C., 2015).

l) ESTABILIDAD

Es la capacidad del pavimento asfáltico para soportar las cargas de tránsito evitando que se produzcan deformaciones. (Zuñiga Rosa C., 2015).

m) FLUJO

Es la capacidad del pavimento asfáltico para adaptarse a los movimientos y los asentamientos de base y sub rasante sin agrietarse y volviendo a su posición inicial. (Zuñiga Rosa C., 2015).

n) GRAVEDAD ESPECIFICA BULK

Es la relación entre la masa del volumen propio del material a una determinada temperatura, generalmente a temperatura ambiente para mezclas asfálticas y la masa de el volumen igual al agua destilada en el que se satura también a temperatura ambiente. (ASTM C 127, 2012)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Las aminas grasas incrementan significativamente en la adherencia para contrarrestar la erosión de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a) Las aminas grasas aumentan la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente.
- b) Las aminas grasas reducen la variación de flujo de la mezcla asfáltica en caliente.

2.5. Variables e indicadores

2.5.1. Definición Conceptual de las Variables

Variable Dependiente (VD): Mezcla asfáltica en caliente.

Se define como mezcla asfáltica (o bituminosa) en caliente a la combinación de áridos (incluido el polvo mineral) con un ligante. Las cantidades relativas de ligante y áridos determinan las propiedades físicas de la mezcla.

Variable Independiente (VI): Aminas grasas.

Son productos constituidos, fundamentalmente, por especies químicas con los grupos funcionales R-NH₂, R₂-NH y R₃-N, siendo R una cadena alifática derivada de materias grasas de origen animal o vegetal, siendo las empleadas más frecuentemente los aceites de coco, algodón, soja y "tall".

2.5.2. Definición Operacional de las variables

La forma matemática de como las variables se comporta:

$Y = F(X)$, donde:

Y = Variable dependiente.

X = Variable independiente.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 2: Operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE		ADHERENCIA	Porcentaje de Adherencia
			INV E – 740 -13 Adherencia en Bandeja
			Porcentaje de partículas con recubrimiento.
			Análisis granulométrico de agregado G.
		ESTABILIDAD.	Análisis granulométrico de agregado grueso y fino.
			Requisitos de mezcla bituminosa
			Estabilidad MTC E 504
			Mínima Estabilidad
			Peso/Volumen
		FLUJO	Marshall MTC E 504
			Análisis granulométrico de agregado G.
			Análisis granulométrico de agregado F.
			Flujo MTC E 504
			Requisitos de mezcla bituminosa
			Rango de flujo (0,25 mm)
AMINAS GRASAS		0.30%	Proporción del aditivo
			Análisis granulométrico de agregado G.
		0.50%	Análisis granulométrico de agregado F.
			Marshall MTC E 504
		0.70%	

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III:

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Los métodos usados en la presente investigación fue el científico, y como métodos específicos se utilizó el inductivo deductivo y el analítico sintético por aplicar las aminas grasas como mejorador de adherencia y de este modo contrarrestar la erosión de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia, como Hernández y Mendoza (2018) refieren: “se utilizan procesos sistemáticos, reflexivos y empíricos en su esfuerzo de generar conocimiento, valiéndose de las siguientes estrategias: observación y evaluación de fenómenos, establecimiento de suposiciones como consecuencia de la observación y evaluación” (p.5).

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue el aplicado, porque se utilizó los conocimientos teóricos para ser aplicados en la solución de problemas prácticos de la vida real

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de la presente investigación fue descriptivo explicativo y correlacional dado que se utilizó la descripción de la situación real de los pavimentos flexibles para luego formular las posibles soluciones al problema de la erosión por lluvia, para el efecto se estableció una correlación entre las aminas grasas y la adherencia de las mezclas asfálticas en caliente, tratando de explicar una relación funcional entre estas variables

3.4. Diseño de la Investigación

El diseño del presente estudio es experimental porque se tiene un grupo de estricto control en el cual se realiza la acción de manipular la variable de las aminas grasas y después en los resultados se observa las consecuencias de la experimentación; se tiene como referente teórico a Hernández y Mendoza (2018) que refieren: “la esencia de esta concepción

de experimento es la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados” (p.151).

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

La población estuvo conformada por todos los pavimentos flexibles de la red vial de la ciudad de Huancayo.

3.5.2. Muestra

El tipo de muestreo es dirigido o intencional debido a que se requiere la elaboración de 150 briquetas para ser ensayadas en laboratorio bajo un control específico y se fundamenta de manera teórica con el aporte de Hernández y Mendoza (2018) que refieren: “En las muestras no probabilísticas la elección de las unidades no depende de la probabilidad, si no de razones relacionadas con las características y contexto de la investigación” (p.200).

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos es por la observación directa con el apoyo del ensayo de adherencia en bandeja y el ensayo de Marshall para el cálculo del porcentaje de adherencia y cohesión de la mezcla asfáltica en caliente, de esta forma también se mantendrá controlado el porcentaje del mejorador de adherencia en cada muestra.

3.7. Procesamiento de la información

Las fuentes de información que se utilizaron en esta investigación facultaron el sustento teórico y metodológico. Además, permitieron el acceso y ampliación de conocimiento sobre el tema de estudio que es la Norma MTC E 504 ensayo Marshall para verificar la adherencia y el flujo para contrarrestar la erosión; así mismo, se utilizó una ficha de recolección de datos para luego ser utilizado por el Ms Excel y SSPP Estadistics.

3.8. Técnicas y análisis de datos

La información bibliográfica utilizada para el desarrollo de la presente tesis se obtuvo a partir del análisis documental. Además, se emplearon fichas de recolección de datos para recolectar la información y hacer anotaciones de los ensayos realizados.

También se tuvo en cuenta que se utilizó la técnica de la observación en su conjunto con la ficha de recolección de datos, que fue aplicado a los grupos de briquetas con diferentes porcentajes y permitió realizar el seguimiento, ampliar, reafirmar y constatar la mejora de las características de adherencia por la aplicación de las aminas grasas.

CAPITULO IV:

RESULTADOS

4.1. Caracterización de los componentes de la mezcla asfáltica

La técnica de recolección contemplados en las especificaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente a través del diseño de Marshall es el análisis del comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente compactada bajo las cargas de servicio característicos de la localidad.

4.1.1. Caracterización y granulometría de agregados

Para la obtención de la caracterización del diseño de Marshall, es necesario determinar la clasificación de los agregados mediante la aplicación de la curva granulométrica, arena y grava provenientes de la cantera de Pilcomayo.

4.1.2. Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E 204

Con el objeto de determinar por medio de una serie de tamices la distribución de partículas del agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", de esta misma manera también del agregado fino de arena zarandeada y chancada.

4.1.3. Caracterización de material base

Es importante analizar los agregados a emplear, los ensayos elementales que deben de cumplir y realizar los cálculos para el diseño de mezcla, los agregados que se emplean son los siguientes:

- Arena zarandeada, el cual se considera de procedencia natural.
- Arena chancada, el cual proviene de una maquina chancadora artificialmente.
- Piedra chancada de $\frac{1}{2}$ ", grava proveniente de cantera y procesado por máquina.

- Piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ", grava proveniente de cantera y procesado por máquina.

A continuación, se detallará el procedimiento de los ensayos granulométricos realizados en laboratorio a los cuatro materiales empleados para realizar el diseño de la mezcla asfáltica. En la Tabla 3 se presenta el análisis granulométrico de la arena procesada con el peso retenido obtenido en cada malla, luego hallando el porcentaje de material retenido parcial y acumulado, de esta forma se adquiere el porcentaje pasante que es un dato importante para representar gráficamente la tendencia granulométrica.

Tabla 3: Análisis Granulométrico – Arena Procesada

Tamiz		Peso	% Rete	% Rete	%
Malla	mm.	(gr.)	Parcial	Acum	Pasante
3"	76.2	0	0	0	0
2-1/2"	63.5	0	0	0	0
2"	50.6	0	0	0	0
1 1/2"	38.1	0	0	0	0
1"	25.4	0	0	0	0
3/4"	19.1	0	0	0	0
1/2"	12.7	0	0	0	0
3/8"	9.5	0	0	0	0
1/4"	6.4	0	0	0	100
N 4	4.8	25	1	1	99
N 8	2.4	545	22	23	77
N 10	2.0	313	12	35	65
N 16	1.2	312	12	48	52
N 20	0.8				
N 30	0.6	310	12	60	40
N 40	0.4	111	5	65	35
N 50	0.3	110	3	69	31
N 60	0.3				
N 80	0.2	237	9	79	22
N 100	0.1	233	9	88	12
N 200	0.1	125	5	93	7
< 200		179	7	100	0

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4 se observa la curva granulométrica obtenida con los distintos porcentajes pasantes en cada malla, para el análisis granulométrico se usó 2.5 kilogramos de arena chancada, para abarcar una mayor confiabilidad en los resultados.

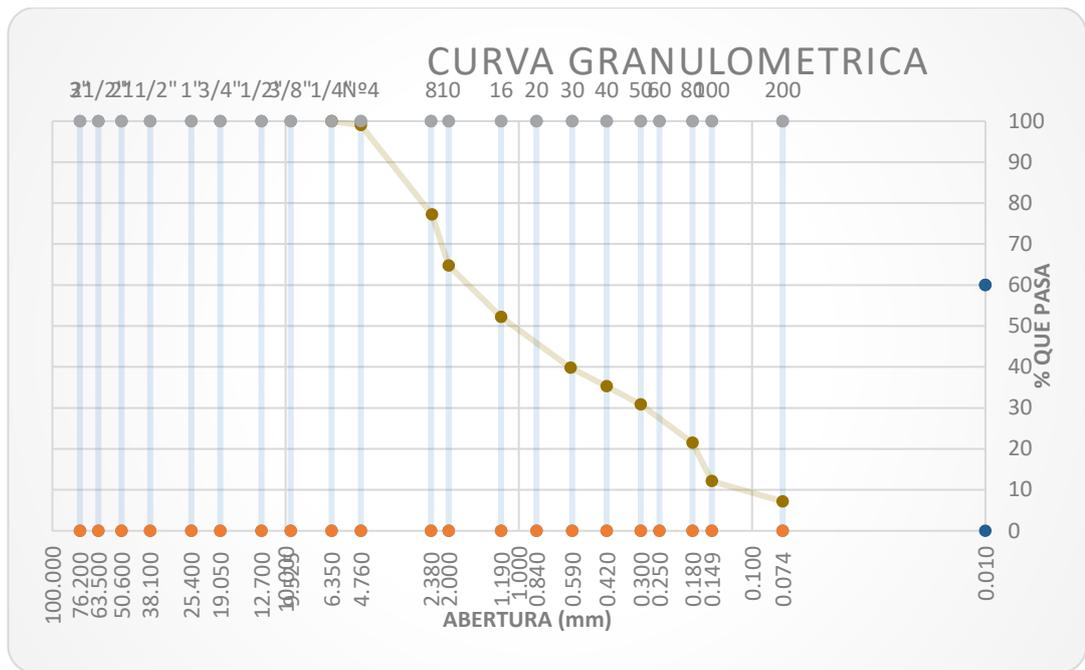


Figura 4: Curva granulométrica – Arena Chancada

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4 se presenta el análisis granulométrico de la arena natural, con el peso retenido obtenido en cada malla, luego hallando el porcentaje de burdo retenido parcial y acumulado, de esta manera se obtiene el porcentaje pasante que se necesita para representar detalladamente la curva granulométrica.

Con este estudio granulométrico se tiene caracterizado los agregados finos y llegamos al resultado que el porcentaje de material fino dentro de la combinación de ambos se encuentra en rango recomendado según la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por lo cual es necesario aplicar el método del tanteo para la obtención de material fino necesario para el diseño de mezcla asfáltica.

Tabla 4: Análisis Granulométrico – Arena Natural

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.20	0	0	0	0
2 1/2"	63.50	0	0	0	0
2"	50.60	0	0	0	0
1 1/2"	38.10	0	0	0	0

1"	25.40	0	0	0	0
3/4"	19.05	0	0	0	0
1/2"	12.70	0	0	0	0
3/8"	9.53	0	0	0	0
1/4"	6.35	0	0	0	100.0
N-4	4.76	35.0	1.4	1.4	98.1
N-8	2.36	340.0	13.6	15.0	85.5
N-10	2.00	320.0	12.8	27.8	72.2
N-16	1.19	320.0	12.8	40.6	59.4
N-20	0.84				
N-30	0.60	620.0	24.8	65.4	34.6
N-40	0.42	210.0	8.4	73.8	26.2
N-50	0.30	210.0	8.4	82.2	17.8
N-60	0.25				
N-80	0.18	137.5	5.5	87.7	12.3
N-100	0.15	137.5	5.5	93.2	6.8
N-200	0.08	55.0	2.2	95.4	4.6
< 200		115.0	4.6	100.0	0.0

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 5 se observa la curva granulométrica obtenida con los porcentajes pasantes en cada malla, para el análisis granulométrico se empleó 2.5 kilogramos de arena natural, para abarcar una mayor confiabilidad en los resultados.

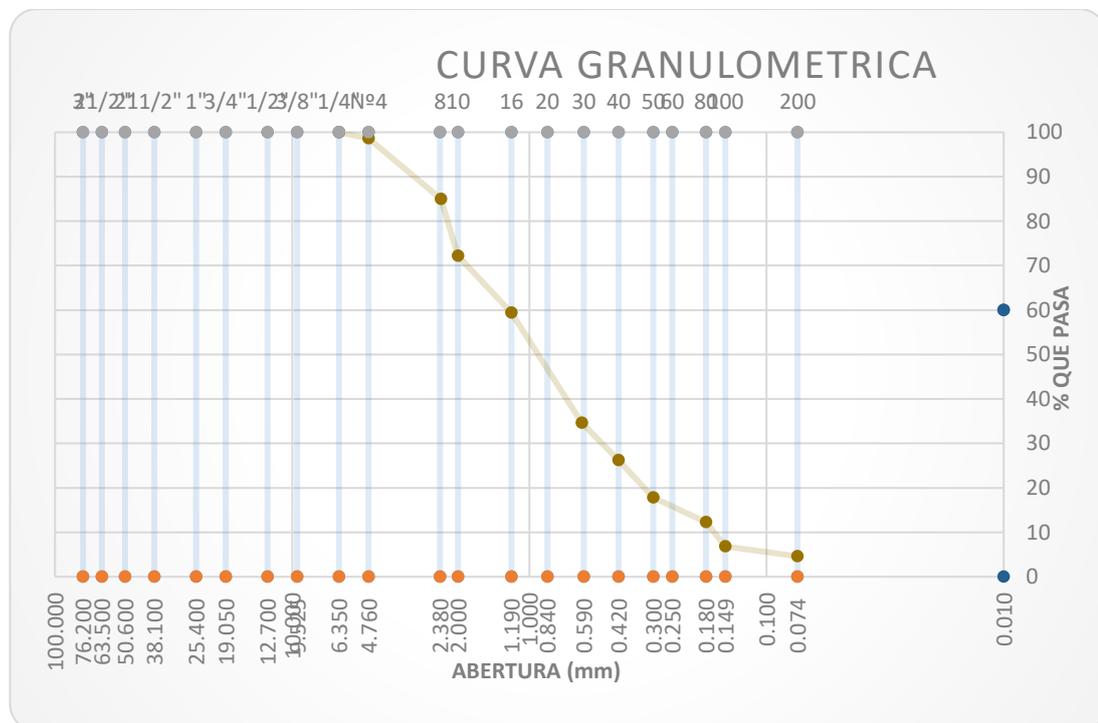


Figura 5: Curva granulométrica – Arena Natural

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 5 se observa el análisis granulométrico de la piedra chancada de ½" con el peso retenido obtenido en cada malla, luego se halla el porcentaje de material retenido parcial y acumulado, de esta manera obtener el porcentaje pasante que se necesita para representar gráficamente la curva granulométrica.

Para analizar la granulometría de la piedra chancada de ½" se tomó una muestra de 2.5 kilogramos de grava, de esta manera se toma el peso que indica la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 5: Análisis Granulométrico – Piedra Chancada ½"

Malla		Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.20	0	0	0	0
2-1/2"	63.50	0	0	0	0
2"	50.60	0	0	0	0
1-1/2"	38.10	0	0	0	0
1"	25.40	0	0	0	0
3/4"	19.05	0	0	0	100.0
1/2"	12.70	0	0	0	100.0
3/8"	9.53	48	2.0	3.9	96.1
1/4"	6.35	50	2.0	3.9	12.1
N-4	4.76	2213	88.5	92.4	7.6
N-8	2.36	108	3.7	99.2	0.8
N-10	2.00	60	3.0	99.2	0.8
N-16	1.19	7.0	0.5	99.7	0.3
N-20	0.84	6.0	0.5	99.7	0.3
N-30	0.60	8.0	0.3	100.0	0
N-100	0.15	0	0	0	0
N-200	0.08	0	0	0	0
< 200					

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 5 se observa la curva granulométrica obtenida con los porcentajes pasantes en cada malla, para el análisis granulométrico se empleó 2.5 kilogramos de piedra chancada de ½", para abarcar una mayor confiabilidad en los resultados.

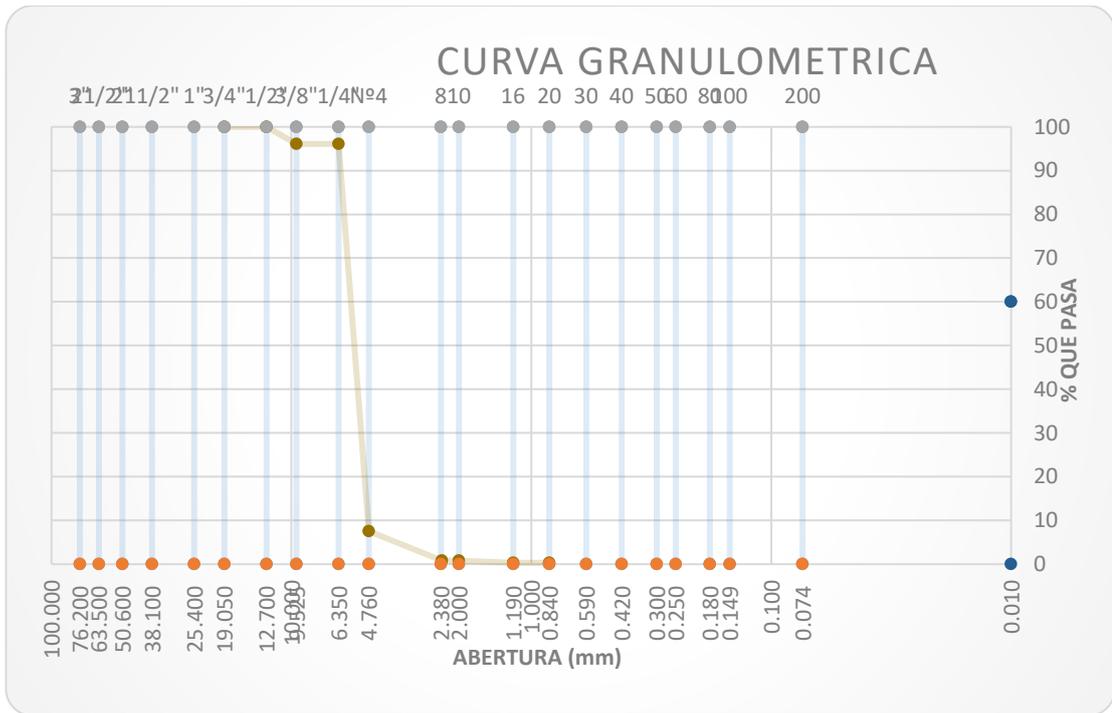


Figura 6: Curva granulométrica - Piedra Chancada de 1/2"

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 6 se presenta el análisis granulométrico de la piedra chancada de 3/4" con el peso retenido obtenido en cada malla, luego se halla el porcentaje de material retenido parcial y acumulado, de esta manera se obtiene el porcentaje pasante que se necesita para representar gráficamente la curva granulométrica.

Para el análisis de la granulometría de la piedra chancada de 3/4" se tomó el análisis a partir de 2.5 kilogramos de grava, de esta manera se toma el peso que indica la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 6: Análisis Granulométrico – Piedra Chancada ¾"

Malla		Peso (gr.)	% Rete		% que Pasa
Tamiz	mm.		Parcial	Acu.	
3"	76.20	0	0	0	0
2 1/2"	63.50	0	0	0	0
2"	50.60	0	0	0	0
1 1/2"	38.10	0	0	0	0
1"	25.40	0	0	0	0
¾"	19.05	0	0	0	100.0
½"	12.70	1438	57.5	57.5	42.5
3/8"	9.53	768	30.7	88.2	11.8
¼"	6.35	0	0.0	88.2	11.8
N-4	4.76	288	11.5	99.7	0.3
N-8	2.36	8	0.3	100	0
N-10	2.00	0	0	0	0
N-16	1.19	0	0	0	0
N-20	0.84	0	0	0	0
N-30	0.60	0	0	0	0
N-40	0.42	0	0	0	0
N-50	0.30	0	0	0	0
N-60	0.25	0	0	0	0
N-80	0.18	0	0	0	0
N-100	0.15	0	0	0	0
N-200	0.08	0	0	0	0
< 200					

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 7 se puede apreciar la curva granulométrica obtenida con los porcentajes pasantes en cada tamiz, para la realización del análisis granulométrico se empleó 2.5 kilogramos de piedra chancada de ½", para abarcar una mayor confiabilidad en los resultados.

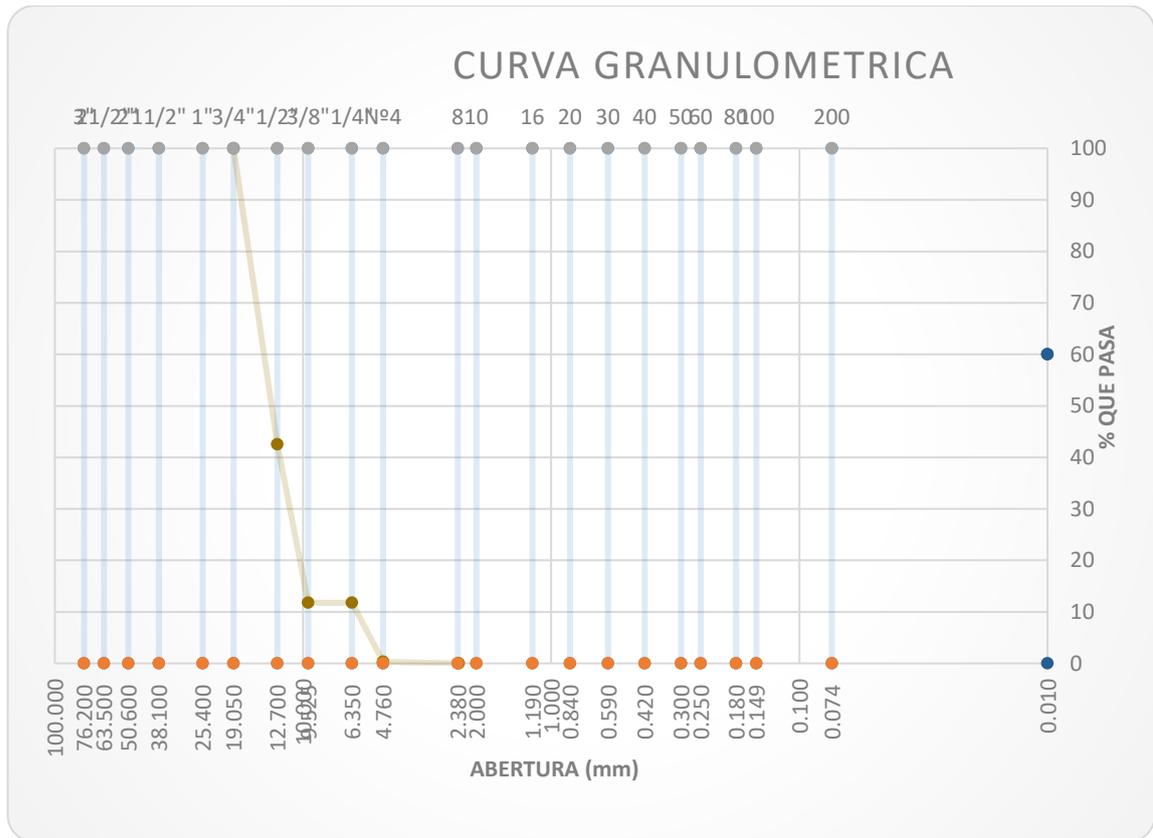


Figura 7: Curva granulométrica - Piedra Chancada de ¾"

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido la caracterización granulométrica de cada agregado se procede a realizar las combinaciones de los agregados, los cuales otorgan un porcentaje de cada material a ser utilizado para cumplir con la normativa técnica de MAC – 2 el cual es normado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En la Tabla 7 se cuenta con el análisis granulométrico de acuerdo a las especificaciones de MAC – 2, debido a que el tamaño máximo es de ¾", además se observa el porcentaje de material pasante de proporciones por cada agregado por el método del tanteo, buscando que la combinación de agregados se encuentre dentro del rango sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. En este caso el filler es tomado con un porcentaje de cero debido a que las arenas contienen un alto contenido de

finos y además se busca analizar la adherencia de muestra fuera de algún otro elemento que pueda variar los resultados.

Tabla 7: Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E 204

Malla		Porcentajes de pasantes (%)						Norma		
Tamiz	mm.	PIEDRAS		ARENAS			MEZCLA	MAC - 2		
		<i>pedra 3/4" CRUSHING</i>	<i>pedra 1/2" CRUSHING</i>	Arena Sarandeadada	Arena Chancada	filler		MTC		
Proporciones		3/4"	1/2"	SARANDEADA	CHANCADA	FILLER	100.0%			
		18.0%	25.0%	32.0%	25.0%	0.0%				
1"	25.400	100.00	100.0	100.0	100.0	100		100	-	100
3/4"	19.050	51.29	100.00	100.0	100.0	100	91.2	80	-	100
1/2"	12.700	0.88	84.81	100.0	100.0	100	78.4	67	-	85
3/8"	9.525	0.12	39.42	100.0	100.0	100	66.9	60	-	77
Nº4	4.760	0.11	1.1	90.7	83.1	100	50.1	43	-	54
Nº8	2.360	0.23	0.3	77.7	54.5	100	38.6			
Nº10	2.000	0.00	0	75.1	49.3	100	36.3	29	-	45
Nº16	1.180	0.00	0	66.8	36.8	100	30.6			
Nº30	0.600	0.00	0	51.6	15.8	100	20.5			
Nº40	0.420	0.00	0	39.0	19.9	100	17.5	14	-	25
Nº50	0.300	0.00	0	22.7	7.0	100	9.0			
Nº80	0.180	0.00	0	20.0	18.0	100	10.9	8	-	17
Nº100	0.150	0.00	0	14.0	12.0	100	7.5			
Nº200	0.074	0.	0	10.0	8.0	100	5.2	4	-	8
pasante				0	0	0	0.0			

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento de calculo

La siguiente formula detalla el procedimiento de obtención del porcentaje de mezcla a emplear para la verificación según los limites granulométricos recomendados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones:

$$\begin{aligned}
 & \%Pasante Piedra (3/4") * \%Proporcion (3/4") + \%Pasante Piedra 1/2" \\
 & \quad * \%Proporcion 1/2" \\
 & + \%Pasante Arena Sarandeadada * \%Proporcion Arena Sarandeadada \\
 & \quad + \%Pasante Arena Chancada * \%Proporcion Arena Chancada \\
 & = Porcentaje de Mezcla Por Tamiz
 \end{aligned}$$

En la Figura 8 se cuenta con la representación gráfica del análisis granulométrico de acuerdo a las especificaciones de MAC – 2. Como se puede observar en la figura los ejes de las X lo conforman los distintos tamaños de aberturas en milímetros y en el eje Y, el porcentaje de material pasante. Las líneas verdes extremas muestran el rango mínimo y máximo de material retenido por cada malla, la línea roja es el promedio de ambas, es decir la curva granulométrica ideal; y la línea amarilla es la curva granulométrica resultante de la combinación de agregados.

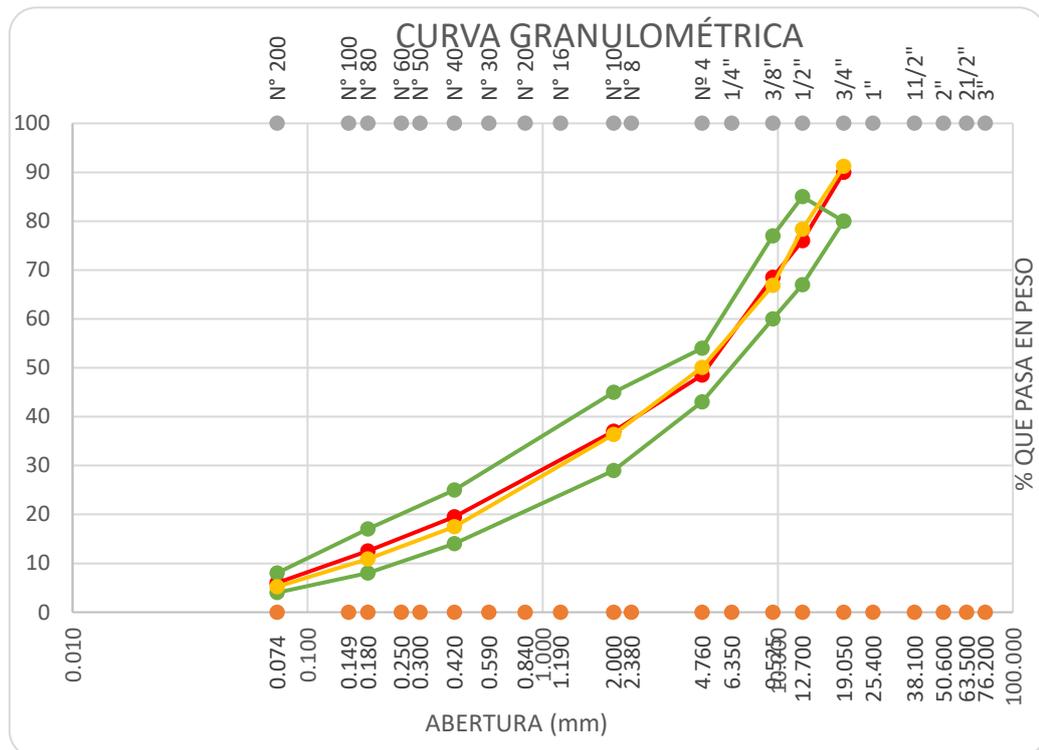


Figura 8: Representación Gráfica de la Granulometría de la combinación de agregados

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 8 se tienen los pesos de los materiales finos y gruesos necesarios para por cada tamiz, es decir lo que se busca es hallar el porcentaje óptimo de asfalto a trabajar en las briquetas. Para encontrar el porcentaje óptimo de asfalto se trabaja a un porcentaje de 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de asfalto, y cada uno cuenta con unos pesos específicos para fabricar la briketa.

Tabla 8: Pesos por Tamiz para briqueta de Marshall

Mat	% Asfalto	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
	Malla						
Arena Chancada	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 4	4.8	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7
	#16	224.6	223.5	220.1	221.1	220.0	218.8
	< #16	250.6	249.3	250.2	246.6	245.3	244.0
	SUB TOTAL	480.0	477.5	475.0	472.5	470.0	467.5
Arena Procesada	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 4	4.4	4.3	4.2	4.3	4.3	4.3
	# 16	122.3	121.7	124.2	120.4	119.8	119.1
	< #16	185.3	184.4	180.3	182.4	181.5	180.5
	SUB TOTAL	312.0	310.4	308.8	307.1	305.5	303.9
piedra 1/2" CRUSHING	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	8.0	7.9	7.9	7.8	7.8	7.7
	# 4	180.5	179.6	178.7	177.7	176.8	175.8
	# 16	13.9	14.8	14.7	14.7	14.6	14.5
	< #16	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	SUB TOTAL	203.0	202.9	201.9	200.8	199.8	198.7
piedra 3/4" CRUSHING	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1/2"	118.3	116.7	116.1	115.5	114.9	114.2
	3/8"	62.6	62.3	62.0	61.6	61.3	61.0
	# 4	23.5	23.3	23.2	23.1	23.0	22.8
	# 8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	< #8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SUB TOTAL	205.0	202.9	201.9	200.8	199.8	198.7
		1200.0	1193.8	1187.5	1181.3	1175.0	1168.8
PEN 85 - 100		50.0	56.3	62.5	68.8	75.0	81.3
QUIMIBOND		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL MUESTRA		1250.0	1250.0	1250.0	1250.0	1250.0	1250.0

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Óptimo porcentaje de Asfalto

En la Tabla 9 se tienen los resultados obtenidos a través de la prensa de Marshall de las briquetas fabricadas según los pesos establecidos de la combinación de agregados. Se presentan los datos de estabilidad y fluencia de cada muestra.

Tabla 9: Datos de Porcentaje Óptimo de Asfalto

% DE ASFALTO	RESISTENCIA PROMEDIO – CORREGIDA (kg-f)	DEFORMACIÓN (mm)
4%	1143,1	1,9
4.5%	1272,4	2,1
5%	1378,6	2.9
5.5%	1234,2	3,8
6%	1048,4	5,1
6.5%	969,7	5,9

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 9 se observa que, la briquea con mayor resistencia es del 5% de asfalto y en las siguientes figuras se observa la deformación del 5% es la más alta con respecto a las demás.

Por lo general se toma el mayor punto que se encuentra en la curva, pero por cuestión de facilidad de trabajo se optó emplear el más cercano a ese punto que es el 5% de asfalto que tiene una resistencia de 1378.6 kgf y una deformación de 2.9 mm.

Según la normativa MTC E 504 ensayo de Marshall se tiene que la estabilidad mínima a cumplir es de 815 kg-f, todos los resultados obtenidos cumplen con este requerimiento y el flujo a cumplir debe encontrarse dentro del rango de 2 – 3.5 mm. Por lo que las muestras que cumplen son las de 4.5% y 5% de asfalto.

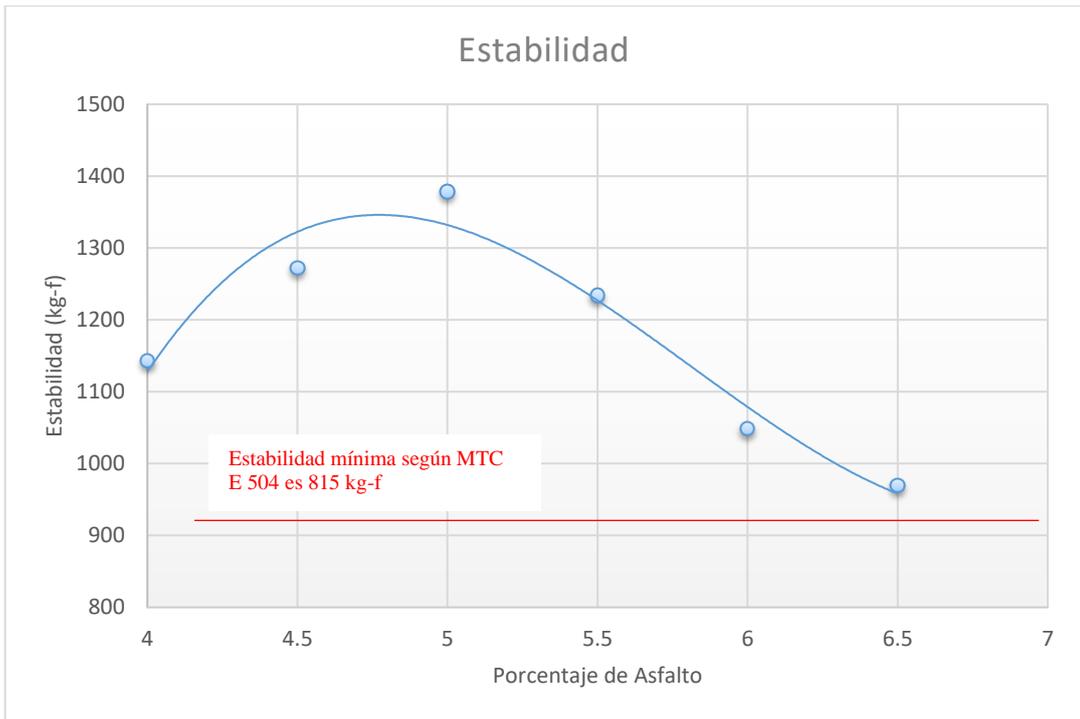


Figura 9: Porcentaje de asfalto – Resistencia en kgf

Fuente: Elaboración Propia

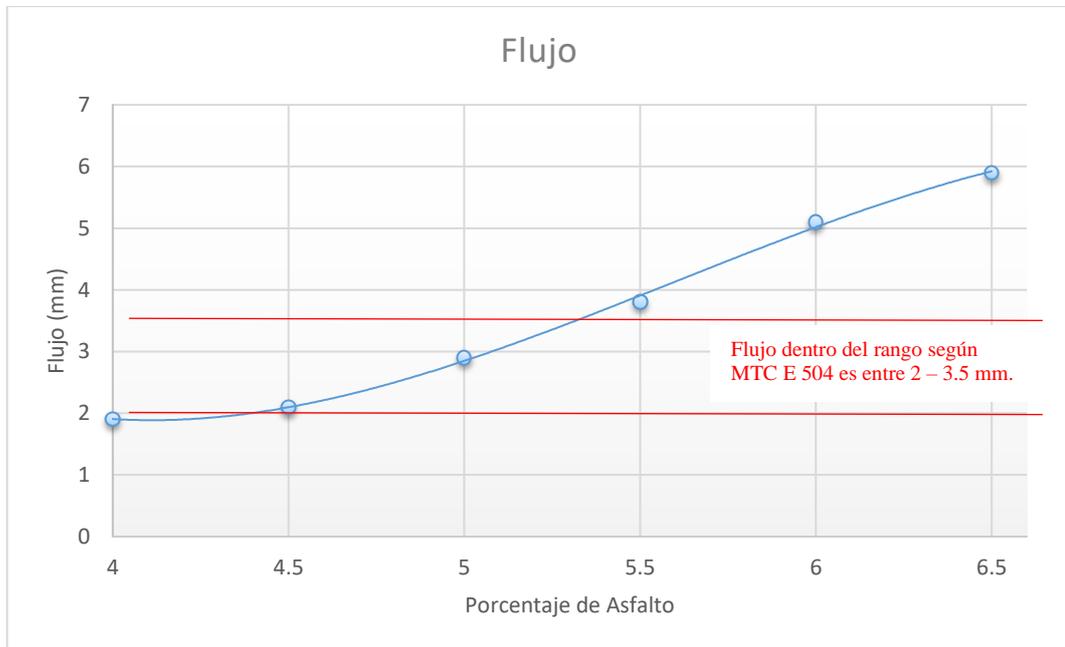


Figura 10: Porcentaje de asfalto – Deformación en milímetros

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 9 se tiene la dosificación exacta de agregado y asfalto, ya que el resultado obtenido con la dosificación elegida cumple con la normativa especificada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por ello se tomará esta dosificación para realizar el análisis del efecto de erosión por lluvia.

Tabla 10: Briqueta con óptimo porcentaje de asfalto

Mat	% Asfalto	5.00
	Malla	
Arena Chancada	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	4.8
	#16	220.1
	< #16	250.2
	SUB TOTAL	475.0
Arena Procesada	3/4"	0.0
	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	4.2
	# 16	124.2
	< #16	180.3
SUB TOTAL	308.8	
piedra 1/2" CRUSHING	3/4"	0.0
	1/2"	0.0
	3/8"	7.9
	# 4	178.7
	# 16	14.7
	< #16	0.6
SUB TOTAL	201.9	
piedra 3/4" CRUSHING	3/4"	0.0
	1/2"	116.1
	3/8"	62.0
	# 4	23.2
	# 8	0.6
	< #8	0.0
SUB TOTAL	201.9	
		1187.5
PEN 85 - 100		62.5
QUIMIBOND		0.0
TOTAL MUESTRA		1250.0

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5. Efecto de la lluvia en MAC

Para el análisis del efecto de la lluvia se sumergieron las briquetas en agua de lluvia, simulando de esta forma la saturación por explosión al agua. En la Tabla 11 se muestran los resultados de los ensayos realizados cada 5 días.

Procedimiento de Calculo

Para el análisis de la gravedad especifica Bulk (gr/cc) en la Tabla 11 se emplea la siguiente formula:

$$G.E.Bulk = A/(B - C)$$

A = Peso Seco

B = Pesos Superficialmente Seco

C = Peso Sumergido

El espesor promedio analizado en la Tabla 11 es el promedio de los espesores tomados de la briqueta fabricada en laboratorio. Para el análisis del volumen en la Tabla 11 se emplea la siguiente formula:

$$Volumen = \frac{\pi * 10.16^2}{4} * D$$

D = Espesor promedio de la briqueta

La estabilidad corregida se calcula a través de la siguiente formula:

$$Est.Corregida = Estabilidad * Factor$$

Factor = 1

Tabla 11: Datos de cada Briqueta con asfalto óptimo al 5% expuesta en agua de lluvia

ITEM	DÍAS	MUESTRA	PESO SECO (A)	PESO SSS (B)	PESO SUM. (C)	GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	ESPESOR PROMEDIO (D)	ESTABILIDAD	VOLUMEN	EST, CORREGIDA	FLUJO
1	NATURAL	B-01	1245	1259	723	2,323	6,30	1361,74	510,76	1361,74	3,05
2		B-02	1245	1263	731	2,340	6,38	1380,11	516,84	1380,11	2,80
3		B-03	1262	1269	725	2,320	6,38	1371,91	516,84	1371,91	3,01
4		B-04	1243	1284	718	2,196	6,35	1362,42	514,81	1362,42	2,76
5		B-05	1258	1275	731	2,313	6,40	1363,86	518,87	1363,86	3,01
6		B-06	1258	1275	731	2,313	6,43	1370,45	520,90	1370,45	3,08
7		B-07	1236	1273	725	2,255	6,33	1370,13	512,79	1370,13	3,10
8		B-08	1253	1269	714	2,258	6,33	1353,70	512,79	1353,70	2,96
9		B-09	1256	1262	721	2,322	6,33	1364,37	512,79	1364,37	2,85
10		B-10	1265	1284	713	2,215	6,40	1366,16	518,87	1366,16	2,77
11		B-11	1248	1268	724	2,294	6,40	1364,10	518,87	1364,10	2,32
12		B-12	1255	1262	720	2,315	6,40	1367,64	518,87	1367,64	2,44
13		B-13	1255	1262,8	726	2,338	6,40	1378,43	518,87	1378,43	2,29
14		B-14	1265	1271	716	2,279	6,40	1359,67	518,87	1359,67	2,86
15		B-15	1256	1263	732	2,365	6,45	1356,52	522,92	1356,52	2,51
16		B-16	1250	1259	725	2,341	6,38	1372,74	516,84	1372,74	2,95
17		B-17	1247	1259	724	2,331	6,38	1370,09	516,84	1370,09	2,95
18		B-18	1249	1262	726	2,330	6,35	1363,44	514,81	1363,44	2,90
19		B-19	1248	1263	728	2,333	6,35	1379,76	514,81	1379,76	3,10
20		B-20	1250	1265	725	2,315	6,38	1373,67	516,84	1373,67	2,88
21		B-21	1247	1258	723	2,331	6,38	1370,55	516,84	1370,55	2,55
22		B-22	1238	1260	728	2,327	6,38	1377,34	516,84	1377,34	3,05
23		B-23	1239	1261,4	728	2,323	6,38	1373,32	516,84	1373,32	2,58
24		B-24	1256	1270	722	2,292	6,38	1379,72	516,84	1379,72	2,35
25		B-25	1252	1285,8	732	2,261	6,38	1372,92	516,84	1372,92	2,32
26		B-26	1279	1243	720	2,446	6,45	1362,41	522,92	1362,41	2,61
27		B-27	1249	1262	724	2,322	6,38	1373,86	516,84	1373,86	3,11
28		B-28	1223	1241	713	2,316	6,38	1368,17	516,84	1368,17	2,62
29		B-29	1261	1244	722	2,416	6,43	1352,58	520,90	1352,58	2,95
30		B-30	1252	1268	727	2,314	6,35	1357,19	514,81	1357,19	2,74
31	5 DÍAS	B-31	1251	1268	727	2,312	6,45	1354,97	522,92	1354,97	2,83
32		B-32	1243	1262	726	2,319	6,43	1351,06	520,90	1351,06	2,64
33		B-33	1249	1276,2	714	2,222	6,43	1351,79	520,90	1351,79	2,77
34		B-34	1250	1258,8	713	2,290	6,43	1352,66	520,90	1352,66	2,64
35		B-35	1258	1276	735	2,325	6,38	1358,96	516,84	1358,96	3,01

36		B-36	1235	1252	715	2,300	6,38	1336,88	516,84	1336,88	2,98
37		B-37	1250	1252	715	2,328	6,38	1350,31	516,84	1350,31	2,92
38		B-38	1250	1272,1	712	2,232	6,38	1333,10	516,84	1333,10	2,99
39		B-39	1218	1255	728	2,311	6,45	1346,44	522,92	1346,44	3,05
40		B-40	1249	1267,3	727	2,312	6,38	1338,11	516,84	1338,11	2,83
41		B-41	1246	1263	723	2,307	6,33	1344,41	512,79	1344,41	2,64
42		B-42	1247	1260	724	2,326	6,40	1354,53	518,87	1354,53	2,62
43		B-43	1250	1260	724	2,332	6,45	1342,61	522,92	1342,61	2,64
44		B-44	1250	1259	725	2,341	6,35	1347,11	514,81	1347,11	2,67
45		B-45	1247	1259	724	2,331	6,38	1334,76	516,84	1334,76	2,99
46		B-46	1249	1262	726	2,330	6,38	1337,20	516,84	1337,20	2,86
47		B-47	1248	1263	728	2,333	6,43	1341,64	520,90	1341,64	2,64
48		B-48	1250	1265	725	2,315	6,43	1331,47	520,90	1331,47	2,84
49		B-49	1247	1258	723	2,331	6,40	1342,63	518,87	1342,63	2,60
50		B-50	1253	1269	730	2,325	6,33	1335,04	512,79	1335,04	3,07
51		B-51	1251	1269	730	2,321	6,38	1336,49	516,84	1336,49	3,12
52		B-52	1250	1243	730	2,437	6,45	1352,60	522,92	1352,60	2,68
53		B-53	1253	1257,5	737	2,407	6,45	1354,15	522,92	1354,15	3,12
54		B-54	1250	1256,3	723	2,344	6,45	1354,23	522,92	1354,23	3,11
55		B-55	1254	1239,5	707	2,355	6,45	1346,17	522,92	1346,17	2,71
56		B-56	1264	1275	716	2,261	6,45	1342,27	522,92	1342,27	3,00
57		B-57	1237	1254	722	2,325	6,45	1345,29	522,92	1345,29	3,14
58		B-58	1248	1254	722	2,346	6,45	1345,92	522,92	1345,92	2,70
59		B-59	1272	1287	725	2,263	6,45	1351,26	522,92	1351,26	2,67
60		B-60	1259	1287	725	2,240	6,43	1348,89	520,90	1348,89	2,63
61	10 DÍAS	B-61	1240	1222	707	2,408	6,43	1332,47	520,90	1332,47	3,26
62		B-62	1250	1222	707	2,427	6,38	1329,12	516,84	1329,12	3,05
63		B-63	1250	1264,5	727	2,326	6,38	1331,44	516,84	1331,44	2,86
64		B-64	1250	1240	726	2,432	6,40	1333,90	518,87	1333,90	3,21
65		B-65	1258	1298	732	2,223	6,33	1313,11	512,79	1313,11	3,01
66		B-66	1256	1272	728	2,309	6,33	1337,38	512,79	1337,38	3,13
67		B-67	1250	1272	728	2,298	6,40	1331,17	518,87	1331,17	2,87
68		B-68	1239	1257	728	2,342	6,38	1325,93	516,84	1325,93	3,01
69		B-69	1249	1257	728	2,361	6,38	1322,53	516,84	1322,53	3,10
70		B-70	1256	1290,3	735	2,262	6,43	1314,81	520,90	1314,81	3,05
71		B-71	1240	1252	725	2,353	6,43	1314,63	520,90	1314,63	3,16
72		B-72	1257	1252	725	2,385	6,38	1316,42	516,84	1316,42	3,01
73		B-73	1261	1276	736	2,335	6,43	1329,01	520,90	1329,01	3,18
74		B-74	1250	1276	736	2,315	6,43	1332,57	520,90	1332,57	3,21
75		B-75	1250	1259	725	2,341	6,43	1320,58	520,90	1320,58	3,05
76		B-76	1247	1259	724	2,331	6,43	1317,75	520,90	1317,75	2,94
77		B-77	1249	1265	730	2,335	6,43	1331,48	520,90	1331,48	3,17

78		B-78	1248	1263	728	2,333	6,43	1313,42	520,90	1313,42	3,12
79		B-79	1253	1265	725	2,320	6,43	1330,83	520,90	1330,83	2,85
80		B-80	1247	1258	723	2,331	6,43	1319,59	520,90	1319,59	3,22
81		B-81	1227	1267	716	2,227	6,43	1324,10	520,90	1324,10	3,23
82		B-82	1264	1281	728	2,286	6,43	1330,10	520,90	1330,10	3,19
83		B-83	1250	1281	728	2,260	6,43	1322,53	520,90	1322,53	2,87
84		B-84	1229	1248	723	2,341	6,43	1317,59	520,90	1317,59	3,06
85		B-85	1266	1273,4	708	2,239	6,43	1311,75	520,90	1311,75	3,22
86		B-86	1213	1244	731	2,365	6,45	1314,92	522,92	1314,92	2,97
87		B-87	1250	1258,7	735	2,387	6,45	1326,43	522,92	1326,43	2,85
88		B-88	1248	1275	709	2,205	6,40	1319,09	518,87	1319,09	3,20
89		B-89	1245	1251	718	2,336	6,45	1331,65	522,92	1331,65	3,14
90		B-90	1269	1284	707	2,199	6,45	1332,83	522,92	1332,83	2,99
91	15 DIAS	B-91	1250	1253,2	713	2,314	6,45	1313,53	522,92	1313,53	3,35
92		B-92	1270	1257,9	726	2,387	6,40	1309,45	518,87	1309,45	3,16
93		B-93	1268	1279,2	714	2,244	6,45	1324,41	522,92	1324,41	2,98
94		B-94	1252	1271	723	2,285	6,48	1317,01	524,95	1317,01	3,07
95		B-95	1250	1271	723	2,281	6,58	1312,30	533,06	1312,30	3,03
96		B-96	1229	1249	709	2,276	6,38	1326,88	516,84	1326,88	3,35
97		B-97	1250	1249	709	2,315	6,58	1335,03	533,06	1321,68	2,96
98		B-98	1254	1253,3	713	2,321	6,48	1316,33	524,95	1316,33	3,04
99		B-99	1239	1271,3	724	2,264	6,50	1315,66	526,98	1315,66	3,14
100		B-100	1250	1260	708	2,264	6,55	1331,96	531,03	1318,64	3,04
101		B-101	1269	1280	737	2,337	6,40	1323,99	518,87	1323,99	3,23
102		B-102	1238	1249	731	2,390	6,58	1334,87	533,06	1321,52	3,10
103		B-103	1258	1269	735	2,356	6,43	1335,41	520,90	1322,06	2,98
104		B-104	1257	1268	738	2,372	6,43	1335,97	520,90	1322,61	3,25
105		B-105	1250	1264	739	2,381	6,48	1315,95	524,95	1315,95	3,05
106		B-106	1251	1268	734	2,343	6,43	1314,89	520,90	1314,89	3,18
107		B-107	1254	1269	729	2,322	6,35	1312,83	514,81	1312,83	3,24
108		B-108	1250	1280	737	2,302	6,60	1335,50	535,08	1308,79	3,36
109		B-109	1250	1269,8	742	2,368	6,38	1329,70	516,84	1329,70	3,07
110	B-110	1130	1277,5	732	2,071	6,23	1310,40	504,68	1310,40	3,12	
111	B-111	1137	1269,2	729	2,105	6,45	1318,06	522,92	1318,06	3,35	
112	B-112	1242	1254	740	2,416	6,38	1317,50	516,84	1317,50	3,33	
113	B-113	1225	1245	718	2,324	6,38	1323,64	516,84	1323,64	3,03	
114	B-114	1171	1245	718	2,222	6,50	1305,50	526,98	1305,50	3,36	
115	B-115	1087	1251,7	724	2,059	6,45	1317,04	522,92	1317,04	3,37	
116	B-116	1258	1259	733	2,392	6,35	1326,24	514,81	1326,24	3,13	
117	B-117	1246	1264	731	2,338	6,43	1322,81	520,90	1322,81	3,30	
118	B-118	1267	1271	724	2,316	6,45	1324,70	522,92	1324,70	3,28	
119	B-119	1237	1252	726	2,352	6,55	1315,68	531,03	1315,68	3,18	

120		B-120	1194	1252	726	2,271	6,60	1320,11	535,08	1320,11	3,29
121	20 DIAS	B-121	1237	1267	726	2,287	6,48	1285,75	524,95	1285,75	3,26
122		B-122	1236	1250	724	2,350	6,50	1311,26	526,98	1298,15	3,38
123		B-123	1115	1250	724	2,120	6,45	1297,38	522,92	1297,38	3,43
124		B-124	1229	1278	734	2,259	6,43	1304,74	520,90	1304,74	3,21
125		B-125	1391	1255	743	2,717	6,43	1289,23	520,90	1289,23	2,98
126		B-126	1238	1249	731	2,390	6,38	1307,03	516,84	1307,03	3,54
127		B-127	1258	1269	735	2,356	6,38	1293,92	516,84	1293,92	3,01
128		B-128	1257	1268	738	2,372	6,58	1305,09	533,06	1305,09	3,20
129		B-129	1250	1264	739	2,381	6,43	1293,79	520,90	1293,79	3,32
130		B-130	1251	1268	734	2,343	6,43	1284,45	520,90	1284,45	3,17
131		B-131	1254	1269	729	2,322	6,48	1288,44	524,95	1288,44	3,39
132		B-132	1254	1258	727	2,362	6,43	1315,13	520,90	1315,13	3,06
133		B-133	1250	1242	726	2,422	6,53	1314,75	529,00	1314,75	3,56
134		B-134	1250	1259	716	2,302	6,45	1306,09	522,92	1306,09	3,02
135		B-135	1236	1276	719	2,219	6,40	1304,44	518,87	1304,44	3,25
136		B-136	1252	1267	724	2,306	6,35	1296,49	514,81	1296,49	3,57
137		B-137	1250	1267	724	2,302	6,38	1297,19	516,84	1297,19	3,43
138		B-138	1269	1283	737	2,324	6,40	1294,29	518,87	1294,29	3,45
139		B-139	1250	1283	737	2,289	6,50	1307,13	526,98	1307,13	3,15
140		B-140	1250	1267	713	2,256	6,55	1296,14	531,03	1296,14	3,22
141		B-141	1148	1261,6	720	2,119	6,33	1302,75	512,79	1302,75	3,09
142		B-142	1192	1240,5	716	2,272	6,50	1306,36	526,98	1306,36	3,38
143		B-143	1250	1285,6	722	2,218	6,63	1305,78	537,11	1305,78	3,10
144		B-144	1260	1258	714	2,316	6,50	1291,17	526,98	1291,17	3,15
145		B-145	1254	1268	727	2,318	6,43	1285,74	520,90	1285,74	3,01
146		B-146	1247	1261,3	726	2,330	6,33	1308,39	512,79	1308,39	3,53
147		B-147	1246	1269,6	720	2,267	6,50	1301,40	526,98	1288,39	3,05
148		B-148	1251	1259	727	2,352	6,65	1288,41	539,14	1288,41	2,99
149		B-149	1249	1271	719	2,263	6,50	1303,07	526,98	1303,07	3,19
150		B-150	1258	1271	719	2,279	6,55	1307,14	531,03	1307,14	3,22

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Adherencia en Bandeja

Para analizar el ensayo de adherencia en bandeja es importante determinar el porcentaje de adherencia entre un ligante bituminoso y una muestra representativa del agregado grueso que se va a utilizar en una mezcla asfáltica. En la Tabla 12 se muestra los resultados obtenidos en relación al porcentaje de material ligante adherido al material granular y se tiene la clasificación de cada partícula según los rangos mencionados en la normativa.

Procedimiento de calculo

Una vez realizada la inspección visual de cada partícula, se calcula el porcentaje de partícula de agregado (por número) que tienen una cobertura de ligante asfáltico, de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Completamente descubiertos – se considera como cero.
- Parcialmente descubierto – se cuenta como media unidad.
- Cubiertas – se cuenta una unidad.

Se tiene que el porcentaje de partículas cubiertas en la muestra se calcula como la suma de estos porcentajes redondeados al 2% más cercano.

Informe

Es necesario presentar la siguiente información con respecto al ensayo según el INV E – 740 -13:

- El agregado utilizado es proveniente de Pilcomayo, procesado en una planta trituradora de agregados, empleando la fracción de ½” – 3/8”.
- El ligante empleado es PEN 85 – 100.
- El agregado no presenta tendencia a desmenuzarse al extraerlo de la bandeja con el alicate.

Tabla 12: Resultados de Ensayo de Adherencia en Bandeja – Natural

Partículas	% Adherencia	Clasificación	
1	24,00%	0-25%	0
2	7,00%	0-25%	0
3	80,00%	76-100%	2
4	5,00%	0-25%	0

5	8,00%	0-25%	0
6	50,00%	26-75%	1
7	15,00%	0-25%	0
8	46,00%	26-75%	1
9	20,00%	0-25%	0
10	86,00%	76-100%	2
11	22,00%	0-25%	0
12	24,00%	0-25%	0
13	30,00%	26-75%	1
14	55,00%	26-75%	1
15	70,00%	26-75%	1
16	71,00%	26-75%	1
17	30,00%	26-75%	1
18	35,00%	26-75%	1
19	30,00%	26-75%	1
20	90,00%	76-100%	2
21	5,00%	0-25%	0
22	5,00%	0-25%	0
23	28,00%	26-75%	1
24	5,00%	0-25%	0
25	29,00%	26-75%	1
26	8,00%	0-25%	0
27	83,00%	76-100%	2
28	8,00%	0-25%	0
29	5,00%	0-25%	0
30	28,00%	26-75%	1
31	5,00%	0-25%	0
32	5,00%	0-25%	0
33	85,00%	76-100%	2
34	5,00%	0-25%	0
35	5,00%	0-25%	0
36	40,00%	26-75%	1
37	5,00%	0-25%	0
38	5,00%	0-25%	0
39	85,00%	76-100%	2
40	5,00%	0-25%	0
41	50,00%	26-75%	1
42	4,00%	0-25%	0
43	85,00%	76-100%	2
44	5,00%	0-25%	0
45	40,00%	26-75%	1
46	20,00%	0-25%	0
47	2,00%	0-25%	0
48	70,00%	26-75%	1
49	3,00%	0-25%	0
50	30,00%	26-75%	1

Fuente: Elaboración Propia

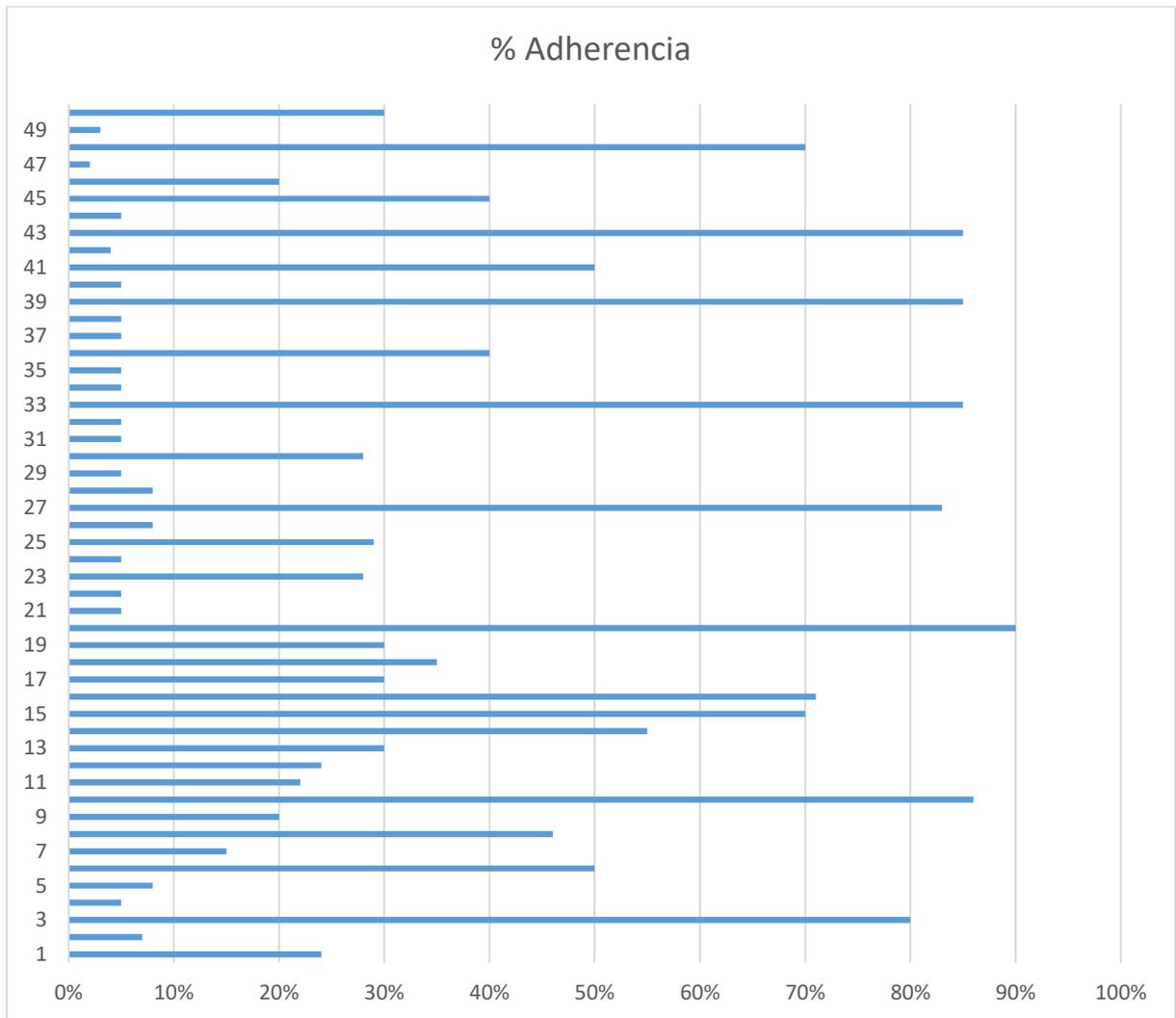


Figura 11: Histograma de Porcentajes de Adherencia por partícula

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 13 se muestran los resultados obtenidos a través del promedio calculado de las 50 partículas de grava analizadas.

Tabla 13: Resultados de Ensayo de Adherencia en Bandeja – Natural

Días	% de Adherencia
1	31%
2	28%
3	14%
4	9%

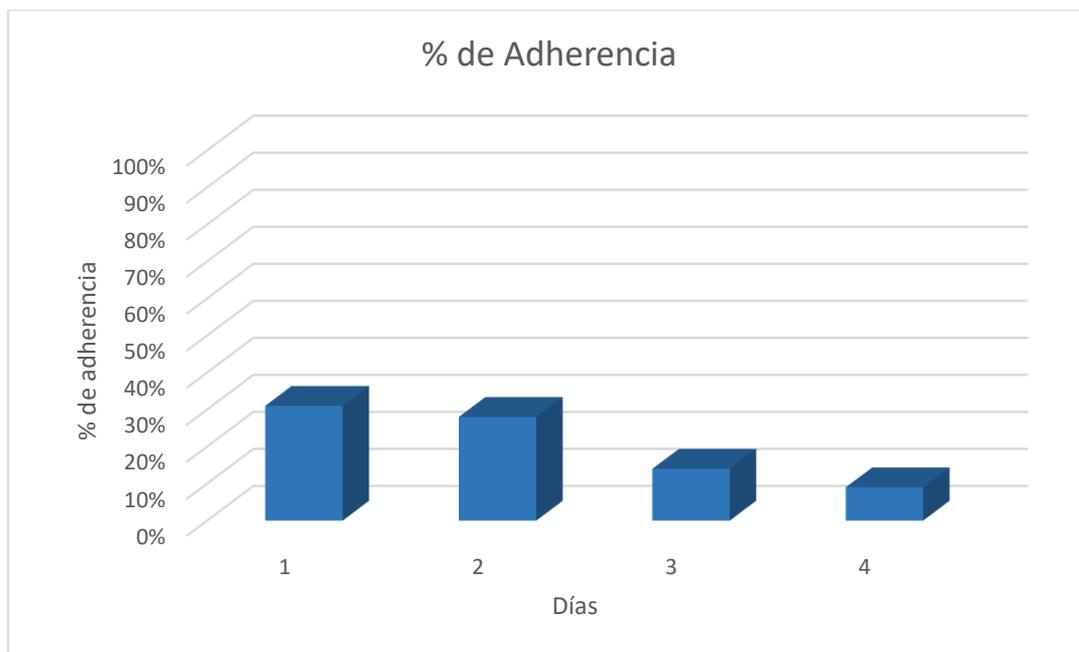


Figura 22: Adherencia con variación de tiempo en la metodología a condición natural

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 12 se tiene la adherencia representada en porcentaje obtenida a condiciones normales y la pérdida de adherencia notoriamente analizado a través de la variación de resultados en los 4 días.

4.3. Aminas Grasas - Caracterización de mezcla asfáltica mejorada

En la Tabla N° 14 se tiene la dosificación exacta de agregado y asfalto mejorado con las aminas grasas ya que el resultado obtenido con la dosificación elegida cumple con la normativa especificada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por ello se tomará esta dosificación para realizar el análisis del efecto de erosión por lluvia.

Tabla 14: Briqueta con óptimo porcentaje de asfalto

Mat	% Asfalto	5.00
	Malla	
Arena Chancada	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	4.8
	#16	220.1
	< #16	250.2
	SUB TOTAL	475.0
Arena Procesada	3/4"	0.0
	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	4.2
	# 16	124.2
	< #16	180.3
	SUB TOTAL	308.8
piedra 1/2" CRUSHING	3/4"	0.0
	1/2"	0.0
	3/8"	7.9
	# 4	178.7
	# 16	14.7
	< #16	0.6
	SUB TOTAL	201.9
piedra 3/4" CRUSHING	3/4"	0.0
	1/2"	116.1
	3/8"	62.0
	# 4	23.2
	# 8	0.6
	< #8	0.0
	SUB TOTAL	201.9
		1187.5
PEN 85 - 100		62.5
AMINAS GR.		0.7%
TOTAL MUESTRA		1250.0

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1. Efecto de la lluvia en MAC con Aminas Grasas

En el análisis del efecto de la lluvia se sumergieron las briquetas mejoradas con aminas grasas en agua de lluvia, simulando de esta forma la saturación por explosión al agua. En la Tabla 11 se muestran los resultados de los ensayos realizados cada 5 días.

Procedimiento de Calculo

Para el análisis de la gravedad especifica Bulk (gr/cc) en la tabla N 15 se emplea la siguiente formula:

$$G. E. Bulk = A / (B - C)$$

A = Peso Seco

B = Pesos Superficialmente Seco

C = Peso Sumergido

El espesor promedio analizado en la Tabla 15 es el promedio de los espesores tomados de la briqueta fabricada en laboratorio. Para el análisis del volumen en la Tabla 15 se emplea la siguiente formula:

$$Volumen = \frac{\pi * 10.16^2}{4} * D$$

D = Espesor promedio de la briqueta

La estabilidad corregida se calcula a través de la siguiente formula:

$$Est. Corregida = Estabilidad * Factor$$

Factor = 1

Tabla 15: Datos de cada Briqueta con Aminas grasas 0.7% expuesta ante agua de lluvia

ITEM	DIAS	MUESTRA	PESO SECO (A)	PESO SSS (B)	PESO SUM. (C)	GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	FACTOR	EST, CORREGIDA	FLUJO
1	NATURAL	B-01	1245	1259	723	2,323	1364,03	510,76	1,00	1364,03	2,58
2		B-02	1245	1263	731	2,340	1376,50	516,84	1,00	1376,50	3,10
3		B-03	1262	1269	725	2,320	1370,45	516,84	1,00	1370,45	2,61
4		B-04	1243	1284	718	2,196	1360,89	514,81	1,00	1360,89	3,04
5		B-05	1258	1275	731	2,313	1379,69	518,87	1,00	1379,69	2,91
6		B-06	1258	1275	731	2,313	1356,93	520,90	1,00	1356,93	2,88
7		B-07	1236	1273	725	2,255	1376,11	512,79	1,00	1376,11	2,66
8		B-08	1253	1269	714	2,258	1379,22	512,79	1,00	1379,22	2,42
9		B-09	1256	1262	721	2,322	1375,08	512,79	1,00	1375,08	2,26
10		B-10	1265	1284	713	2,215	1373,07	518,87	1,00	1373,07	2,54
11		B-11	1248	1268	724	2,294	1365,26	518,87	1,00	1365,26	2,42
12		B-12	1255	1262	720	2,315	1352,61	518,87	1,00	1352,61	2,68
13		B-13	1255	1262,8	726	2,338	1363,54	518,87	1,00	1363,54	3,06
14		B-14	1265	1271	716	2,279	1377,29	518,87	1,00	1377,29	3,03
15		B-15	1256	1263	732	2,365	1372,86	522,92	1,00	1372,86	2,40
16		B-16	1250	1259	725	2,341	1365,53	516,84	1,00	1365,53	2,46
17		B-17	1247	1259	724	2,331	1378,40	516,84	1,00	1378,40	2,45
18		B-18	1249	1262	726	2,330	1359,73	514,81	1,00	1359,73	2,22
19		B-19	1248	1263	728	2,333	1364,38	514,81	1,00	1364,38	3,07
20		B-20	1250	1265	725	2,315	1368,16	516,84	1,00	1368,16	2,68
21		B-21	1247	1258	723	2,331	1371,89	516,84	1,00	1371,89	2,41
22		B-22	1238	1260	728	2,327	1364,57	516,84	1,00	1364,57	2,86
23		B-23	1239	1261,4	728	2,323	1367,81	516,84	1,00	1367,81	2,44
24		B-24	1256	1270	722	2,292	1371,71	516,84	1,00	1371,71	2,30
25		B-25	1252	1285,8	732	2,261	1371,91	516,84	1,00	1371,91	2,91
26		B-26	1279	1243	720	2,446	1364,55	522,92	1,00	1364,55	2,67
27		B-27	1249	1262	724	2,322	1372,28	516,84	1,00	1372,28	2,74
28		B-28	1223	1241	713	2,316	1357,58	516,84	1,00	1357,58	2,44
29		B-29	1261	1244	722	2,416	1357,42	520,90	1,00	1357,42	2,74
30		B-30	1252	1268	727	2,314	1365,86	514,81	1,00	1365,86	2,95
31	5 DÍAS	B-31	1251	1268	727	2,312	1364,20	522,92	1,00	1364,20	2,85
32		B-32	1243	1262	726	2,319	1359,40	520,90	1,00	1359,40	3,09
33		B-33	1249	1276,2	714	2,222	1373,38	520,90	1,00	1373,38	2,43
34		B-34	1250	1258,8	713	2,290	1346,66	520,90	1,00	1346,66	2,49
35		B-35	1258	1276	735	2,325	1371,73	516,84	1,00	1371,73	2,55
36		B-36	1235	1252	715	2,300	1355,00	516,84	1,00	1355,00	2,92
37		B-37	1250	1252	715	2,328	1346,40	516,84	1,00	1346,40	2,89

38	B-38	1250	1272,1	712	2,232	1370,94	516,84	1,00	1370,94	2,82
39	B-39	1218	1255	728	2,311	1364,20	522,92	1,00	1364,20	2,50
40	B-40	1249	1267,3	727	2,312	1357,33	516,84	1,00	1357,33	2,90
41	B-41	1246	1263	723	2,307	1370,38	512,79	1,00	1370,38	2,68
42	B-42	1247	1260	724	2,326	1355,10	518,87	1,00	1355,10	2,83
43	B-43	1250	1260	724	2,332	1371,01	522,92	1,00	1371,01	3,08
44	B-44	1250	1259	725	2,341	1372,74	514,81	1,00	1372,74	2,72
45	B-45	1247	1259	724	2,331	1347,89	516,84	1,00	1347,89	2,89
46	B-46	1249	1262	726	2,330	1352,43	516,84	1,00	1352,43	2,65
47	B-47	1248	1263	728	2,333	1358,35	520,90	1,00	1358,35	2,87
48	B-48	1250	1265	725	2,315	1369,65	520,90	1,00	1369,65	2,46
49	B-49	1247	1258	723	2,331	1364,66	518,87	1,00	1364,66	2,62
50	B-50	1253	1269	730	2,325	1374,33	512,79	1,00	1374,33	2,42
51	B-51	1251	1269	730	2,321	1363,82	516,84	1,00	1363,82	2,99
52	B-52	1250	1243	730	2,437	1377,90	522,92	1,00	1377,90	2,82
53	B-53	1253	1257,5	737	2,407	1349,58	522,92	1,00	1349,58	2,63
54	B-54	1250	1256,3	723	2,344	1344,16	522,92	1,00	1344,16	2,86
55	B-55	1254	1239,5	707	2,355	1368,22	522,92	1,00	1368,22	2,49
56	B-56	1264	1275	716	2,261	1346,92	522,92	1,00	1346,92	3,10
57	B-57	1237	1254	722	2,325	1353,57	522,92	1,00	1353,57	2,50
58	B-58	1248	1254	722	2,346	1358,97	522,92	1,00	1358,97	2,64
59	B-59	1272	1287	725	2,263	1355,38	522,92	1,00	1355,38	2,62
60	B-60	1259	1287	725	2,240	1352,46	520,90	1,00	1352,46	2,98
61	B-61	1240	1222	707	2,408	1340,12	520,90	1,00	1340,12	3,13
62	B-62	1250	1222	707	2,427	1332,85	516,84	1,00	1332,85	3,08
63	B-63	1250	1264,5	727	2,326	1345,37	516,84	1,00	1345,37	3,18
64	B-64	1250	1240	726	2,432	1373,06	518,87	1,00	1373,06	2,83
65	B-65	1258	1298	732	2,223	1365,47	512,79	1,00	1365,47	3,05
66	B-66	1256	1272	728	2,309	1350,74	512,79	1,00	1350,74	2,89
67	B-67	1250	1272	728	2,298	1342,88	518,87	1,00	1342,88	3,01
68	B-68	1239	1257	728	2,342	1356,78	516,84	1,00	1356,78	2,76
69	B-69	1249	1257	728	2,361	1372,40	516,84	1,00	1372,40	3,11
70	B-70	1256	1290,3	735	2,262	1339,67	520,90	1,00	1339,67	2,96
71	B-71	1240	1252	725	2,353	1339,99	520,90	1,00	1339,99	2,91
72	B-72	1257	1252	725	2,385	1330,83	516,84	1,00	1330,83	3,01
73	B-73	1261	1276	736	2,335	1332,60	520,90	1,00	1332,60	2,74
74	B-74	1250	1276	736	2,315	1362,21	520,90	1,00	1362,21	2,61
75	B-75	1250	1259	725	2,341	1366,55	520,90	1,00	1366,55	3,06
76	B-76	1247	1259	724	2,331	1357,91	520,90	1,00	1357,91	2,89
77	B-77	1249	1265	730	2,335	1352,80	520,90	1,00	1352,80	2,97
78	B-78	1248	1263	728	2,333	1366,36	520,90	1,00	1366,36	2,82
79	B-79	1253	1265	725	2,320	1358,29	520,90	1,00	1358,29	2,88

80	15 DIAS	B-80	1247	1258	723	2,331	1369,84	520,90	1,00	1369,84	2,98
81		B-81	1227	1267	716	2,227	1374,85	520,90	1,00	1374,85	2,96
82		B-82	1264	1281	728	2,286	1343,88	520,90	1,00	1343,88	2,77
83		B-83	1250	1281	728	2,260	1337,94	520,90	1,00	1337,94	3,18
84		B-84	1229	1248	723	2,341	1369,75	520,90	1,00	1369,75	2,80
85		B-85	1266	1273,4	708	2,239	1367,94	520,90	1,00	1367,94	2,74
86		B-86	1213	1244	731	2,365	1359,19	522,92	1,00	1359,19	2,86
87		B-87	1250	1258,7	735	2,387	1350,35	522,92	1,00	1350,35	3,19
88		B-88	1248	1275	709	2,205	1352,22	518,87	1,00	1352,22	3,19
89		B-89	1245	1251	718	2,336	1358,09	522,92	1,00	1358,09	2,64
90		B-90	1269	1284	707	2,199	1365,50	522,92	1,00	1365,50	2,78
91		B-91	1250	1253,2	713	2,314	1331,58	522,92	1,00	1331,58	3,10
92		B-92	1270	1257,9	726	2,387	1326,02	518,87	1,00	1326,02	3,04
93		B-93	1268	1279,2	714	2,244	1359,50	522,92	1,00	1359,50	3,09
94		B-94	1252	1271	723	2,285	1352,64	524,95	1,00	1352,64	2,89
95		B-95	1250	1271	723	2,281	1363,22	533,06	1,00	1363,22	3,18
96		B-96	1229	1249	709	2,276	1322,64	516,84	1,00	1322,64	2,85
97		B-97	1250	1249	709	2,315	1349,98	533,06	0,99	1336,48	2,93
98		B-98	1254	1253,3	713	2,321	1341,31	524,95	1,00	1341,31	3,06
99		B-99	1239	1271,3	724	2,264	1353,20	526,98	1,00	1353,20	2,85
100	B-100	1250	1260	708	2,264	1332,93	531,03	0,99	1319,60	3,23	
101	B-101	1269	1280	737	2,337	1343,31	518,87	1,00	1343,31	2,89	
102	B-102	1238	1249	731	2,390	1323,29	533,06	0,99	1310,06	3,23	
103	B-103	1258	1269	735	2,356	1323,47	520,90	0,99	1310,24	2,84	
104	B-104	1257	1268	738	2,372	1341,61	520,90	0,99	1328,19	3,09	
105	B-105	1250	1264	739	2,381	1319,63	524,95	1,00	1319,63	2,92	
106	B-106	1251	1268	734	2,343	1329,04	520,90	1,00	1329,04	3,33	
107	B-107	1254	1269	729	2,322	1366,95	514,81	1,00	1366,95	2,88	
108	B-108	1250	1280	737	2,302	1337,24	535,08	0,98	1310,50	3,30	
109	B-109	1250	1269,8	742	2,368	1330,78	516,84	1,00	1330,78	3,29	
110	B-110	1130	1277,5	732	2,071	1339,35	504,68	1,00	1339,35	3,00	
111	B-111	1137	1269,2	729	2,105	1356,40	522,92	1,00	1356,40	3,30	
112	B-112	1242	1254	740	2,416	1335,63	516,84	1,00	1335,63	2,80	
113	B-113	1225	1245	718	2,324	1359,23	516,84	1,00	1359,23	3,04	
114	B-114	1171	1245	718	2,222	1364,34	526,98	1,00	1364,34	2,83	
115	B-115	1087	1251,7	724	2,059	1345,64	522,92	1,00	1345,64	2,81	
116	B-116	1258	1259	733	2,392	1368,47	514,81	1,00	1368,47	3,10	
117	B-117	1246	1264	731	2,338	1344,15	520,90	1,00	1344,15	3,32	
118	B-118	1267	1271	724	2,316	1350,01	522,92	1,00	1350,01	3,19	
119	B-119	1237	1252	726	2,352	1369,23	531,03	1,00	1369,23	3,29	
120	B-120	1194	1252	726	2,271	1321,35	535,08	1,00	1321,35	2,85	
121	20 DIA	B-121	1237	1267	726	2,287	1326,04	524,95	1,00	1326,04	2,98

122	B-122	1236	1250	724	2,350	1357,73	526,98	0,99	1344,15	3,24
123	B-123	1115	1250	724	2,120	1341,23	522,92	1,00	1341,23	3,41
124	B-124	1229	1278	734	2,259	1350,05	520,90	1,00	1350,05	2,99
125	B-125	1391	1255	743	2,717	1309,43	520,90	1,00	1309,43	3,43
126	B-126	1238	1249	731	2,390	1337,12	516,84	1,00	1337,12	3,10
127	B-127	1258	1269	735	2,356	1324,88	516,84	1,00	1324,88	3,13
128	B-128	1257	1268	738	2,372	1322,06	533,06	1,00	1322,06	3,19
129	B-129	1250	1264	739	2,381	1326,62	520,90	1,00	1326,62	3,05
130	B-130	1251	1268	734	2,343	1318,44	520,90	1,00	1318,44	3,33
131	B-131	1254	1269	729	2,322	1340,45	524,95	1,00	1340,45	3,16
132	B-132	1254	1258	727	2,362	1310,88	520,90	1,00	1310,88	3,23
133	B-133	1250	1242	726	2,422	1329,22	529,00	1,00	1329,22	3,28
134	B-134	1250	1259	716	2,302	1355,35	522,92	1,00	1355,35	3,02
135	B-135	1236	1276	719	2,219	1336,80	518,87	1,00	1336,80	3,21
136	B-136	1252	1267	724	2,306	1306,99	514,81	1,00	1306,99	2,93
137	B-137	1250	1267	724	2,302	1323,11	516,84	1,00	1323,11	3,18
138	B-138	1269	1283	737	2,324	1326,82	518,87	1,00	1326,82	3,12
139	B-139	1250	1283	737	2,289	1321,04	526,98	1,00	1321,04	3,26
140	B-140	1250	1267	713	2,256	1332,52	531,03	1,00	1332,52	3,02
141	B-141	1148	1261,6	720	2,119	1364,00	512,79	1,00	1364,00	3,19
142	B-142	1192	1240,5	716	2,272	1350,19	526,98	1,00	1350,19	3,35
143	B-143	1250	1285,6	722	2,218	1320,07	537,11	1,00	1320,07	3,30
144	B-144	1260	1258	714	2,316	1308,62	526,98	1,00	1308,62	2,98
145	B-145	1254	1268	727	2,318	1354,50	520,90	1,00	1354,50	3,16
146	B-146	1247	1261,3	726	2,330	1315,47	512,79	1,00	1315,47	3,14
147	B-147	1246	1269,6	720	2,267	1358,76	526,98	0,99	1345,17	3,32
148	B-148	1251	1259	727	2,352	1356,91	539,14	1,00	1356,91	3,05
149	B-149	1249	1271	719	2,263	1335,24	526,98	1,00	1335,24	3,10
150	B-150	1258	1271	719	2,279	1329,62	531,03	1,00	1329,62	2,99

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Aminas Grasas – Adherencia en bandeja

Para realizar el análisis el ensayo de adherencia en bandeja es importante determinar el porcentaje de adherencia entre un ligante bituminoso y una muestra representativa del agregado grueso que se va a utilizar en una mezcla asfáltica. En la Tabla 16 se observan los resultados obtenidos en relación al porcentaje de material ligante adherido al material granular mejorado con las Aminas Grasas, también se tiene la clasificación de cada partícula según los rangos mencionados en la normativa.

Memoria de calculo

A través del proceso de inspección visual de cada partícula, se calcula el porcentaje de partícula de agregado (por número) que tienen una cobertura de ligante asfáltico, de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Completamente descubiertos – se considera como cero.
- Parcialmente descubierto – se cuenta como media unidad.
- Cubiertas – se cuenta una unidad.

Se tiene que el porcentaje de partículas cubiertas en la muestra se calcula como la suma de estos porcentajes redondeados al 2% más cercano.

Informe

Es necesario presentar la siguiente información con respecto al ensayo según el INV E – 740 -13:

- El agregado utilizado es proveniente de Pilcomayo, procesado en una planta trituradora de agregados, empleando la fracción de $\frac{1}{2}$ " – $\frac{3}{8}$ ".
- El ligante empleado es PEN 85 – 100, mejorado con 0.3% de aminas grasas.
- El agregado no presento tendencia a desmenuzarse al extraerlo de la bandeja con el alicate.

Tabla 16: Resultados de Adherencia en Bandeja – Aminas grasas 0,3%

Partículas	% Adherencia	Clasificación	
1	94%	76-100%	2
2	98%	76-100%	2
3	80%	76-100%	2
4	74%	26-75%	1
5	96%	76-100%	2
6	50%	26-75%	1
7	96%	76-100%	2
8	74%	26-75%	1
9	20%	0-25%	0
10	86%	76-100%	2
11	94%	76-100%	2
12	24%	0-25%	0

13	30%	26-75%	1
14	96%	76-100%	2
15	70%	26-75%	1
16	96%	76-100%	2
17	98%	76-100%	2
18	35%	26-75%	1
19	74%	26-75%	1
20	90%	76-100%	2
21	22%	0-25%	0
22	74%	26-75%	1
23	75%	26-75%	1
24	96%	76-100%	2
25	70%	26-75%	1
26	23%	0-25%	0
27	83%	76-100%	2
28	94%	76-100%	2
29	94%	76-100%	2
30	96%	76-100%	2
31	20%	0-25%	0
32	74%	26-75%	1
33	85%	76-100%	2
34	98%	76-100%	2
35	74%	26-75%	1
36	40%	26-75%	1
37	94%	76-100%	2
38	98%	76-100%	2
39	85%	76-100%	2
40	96%	76-100%	2
41	80%	76-100%	2
42	30%	26-75%	1
43	94%	76-100%	2
44	76%	76-100%	2
45	40%	26-75%	1
46	94%	76-100%	2
47	80%	76-100%	2
48	96%	76-100%	2
49	94%	76-100%	2
50	65%	26-75%	1



Figura 3: Histograma de Porcentajes de Adherencia por partícula 0.3%

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento de calculo

A través del proceso de inspección visual de cada partícula, se calcula el porcentaje de partícula de agregado (por número) que tiene una cobertura de ligante asfáltico, de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Completamente descubiertos – se considera como cero.

- Parcialmente descubierto – se cuenta como media unidad.
- Cubiertas – se cuenta una unidad.

De esta forma se obtiene que el porcentaje de partículas cubiertas en la muestra se calcula como la suma de estos porcentajes redondeados al 2% más cercano.

Informe

Es necesario presentar la siguiente información con respecto al ensayo según el INV E – 740 -13:

- El agregado utilizado es proveniente de Pilcomayo, procesado en una planta trituradora de agregados, empleando la fracción de 1/2" – 3/8".
- El ligante empleado es PEN 85 -100, mejorado con 0.5% de aminas grasas.
- El agregado no presento tendencia a desmenuzarse al extraerlo de la bandeja con el alicate.
- Según las especificaciones de las aminas grasas se tiene que al 0.5% de adición es la recomendación de dosificación máxima como aditivo de mezcla asfáltica.

En la Tabla 17 se observa los resultados obtenidos en relación al porcentaje de material ligante adherido al material granular mejorado con las aminas grasas, también se tiene la clasificación de cada partícula según los rangos mencionados en la normativa.

Tabla 17: Resultados de Adherencia en Bandeja – Aminas grasas 0,5%

Partículas	% Adherencia	Clasificación	
1	94%	76-100%	2
2	98%	76-100%	2
3	80%	76-100%	2
4	74%	26-75%	1
5	96%	76-100%	2
6	50%	26-75%	1
7	96%	76-100%	2
8	74%	26-75%	1
9	94%	76-100%	2
10	86%	76-100%	2

11	94%	76-100%	2
12	24%	0-25%	0
13	30%	26-75%	1
14	96%	76-100%	2
15	70%	26-75%	1
16	96%	76-100%	2
17	98%	76-100%	2
18	35%	26-75%	1
19	74%	26-75%	1
20	90%	76-100%	2
21	22%	0-25%	0
22	74%	26-75%	1
23	75%	26-75%	1
24	23%	0-25%	0
25	70%	26-75%	1
26	23%	0-25%	0
27	83%	76-100%	2
28	94%	76-100%	2
29	94%	76-100%	2
30	96%	76-100%	2
31	94%	76-100%	2
32	74%	26-75%	1
33	85%	76-100%	2
34	98%	76-100%	2
35	90%	76-100%	2
36	70%	26-75%	1
37	94%	76-100%	2
38	98%	76-100%	2
39	85%	76-100%	2
40	60%	26-75%	1
41	95%	76-100%	2
42	30%	26-75%	1
43	94%	76-100%	2
44	90%	76-100%	2
45	40%	26-75%	1
46	94%	76-100%	2
47	80%	76-100%	2
48	60%	26-75%	1
49	94%	76-100%	2
50	90%	76-100%	2

Fuente: Elaboración Propia

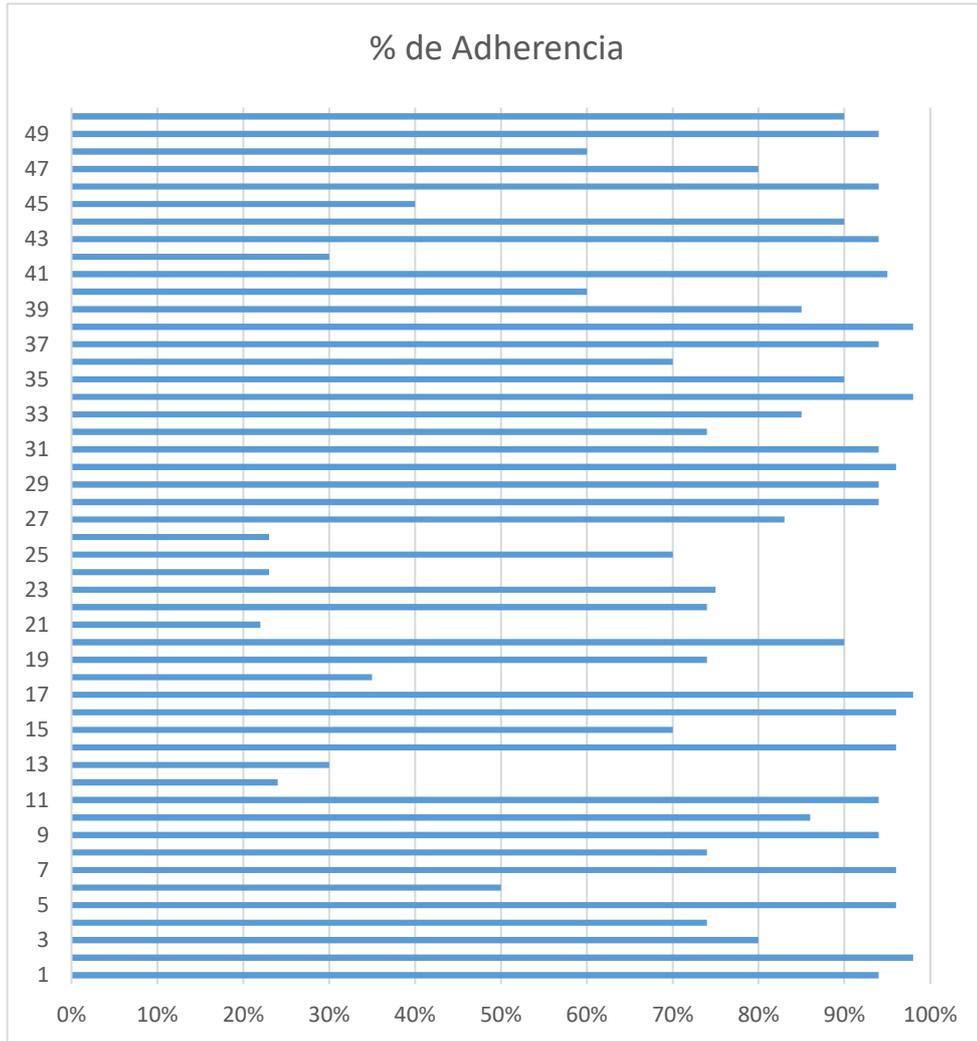


Figura 4: Histograma de Porcentajes de Adherencia por partícula 0.5%

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento de calculo

A través del proceso de inspección visual de cada partícula, se calcula el porcentaje de partícula de agregado (por número) que tiene una cobertura de ligante asfáltico, de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Totalmente descubiertos – se considera como cero.
- Parcialmente descubierta – se cuenta como media unidad.
- Cubiertas – se cuenta una unidad.

De esta forma se obtiene que el porcentaje de partículas cubiertas en la muestra se calcula como la suma de estos porcentajes redondeados al 2% más cercano.

Informe

Es necesario presentar la siguiente información con respecto al ensayo según el INV E – 740 -13:

- El agregado utilizado es proveniente de Pilcomayo, procesado en una planta trituradora de agregados, empleando la fracción de $\frac{1}{2}$ " – $\frac{3}{8}$ ".
- El ligante empleado es PEN 85 -100, mejorado con 0.7% de aminas grasas.
- El agregado no presentó tendencia a desmenuzarse al extraerlo de la bandeja con el alicate.
- Según las especificaciones de las aminas grasas se tiene que al 0.7% de adición de aminas grasas, se encuentra por encima de la recomendación de dosificación máxima como aditivo de mezcla asfáltica y se procede con el análisis.

En la Tabla 18 se observan los resultados obtenidos en relación al porcentaje de material ligante adherido al material granular mejorado con las aminas grasas al 0.7%, también se tiene la clasificación de cada partícula según los rangos mencionados en la normativa.

Tabla 18: Resultados de Adherencia en Bandeja – Aminas grasas 0,7%

Partículas	% Adherencia	Clasificación	
1	86%	76-100%	2
2	86%	76-100%	2
3	80%	76-100%	2
4	74%	26-75%	1
5	96%	76-100%	2
6	50%	26-75%	1
7	96%	76-100%	2
8	74%	26-75%	1
9	94%	76-100%	2
10	86%	76-100%	2
11	94%	76-100%	2
12	98%	76-100%	2
13	30%	26-75%	1
14	96%	76-100%	2

15	70%	26-75%	1
16	96%	76-100%	2
17	98%	76-100%	2
18	35%	26-75%	1
19	74%	26-75%	1
20	86%	76-100%	2
21	22%	0-25%	0
22	74%	26-75%	1
23	75%	26-75%	1
24	23%	0-25%	0
25	70%	26-75%	1
26	23%	0-25%	0
27	83%	76-100%	2
28	94%	76-100%	2
29	94%	76-100%	2
30	96%	76-100%	2
31	94%	76-100%	2
32	74%	26-75%	1
33	85%	76-100%	2
34	98%	76-100%	2
35	90%	76-100%	2
36	70%	26-75%	1
37	94%	76-100%	2
38	98%	76-100%	2
39	85%	76-100%	2
40	60%	26-75%	1
41	95%	76-100%	2
42	30%	26-75%	1
43	94%	76-100%	2
44	90%	76-100%	2
45	70%	26-75%	1
46	94%	76-100%	2
47	90%	76-100%	2
48	60%	26-75%	1
49	94%	76-100%	2
50	90%	76-100%	2

Fuente: Elaboración Propia

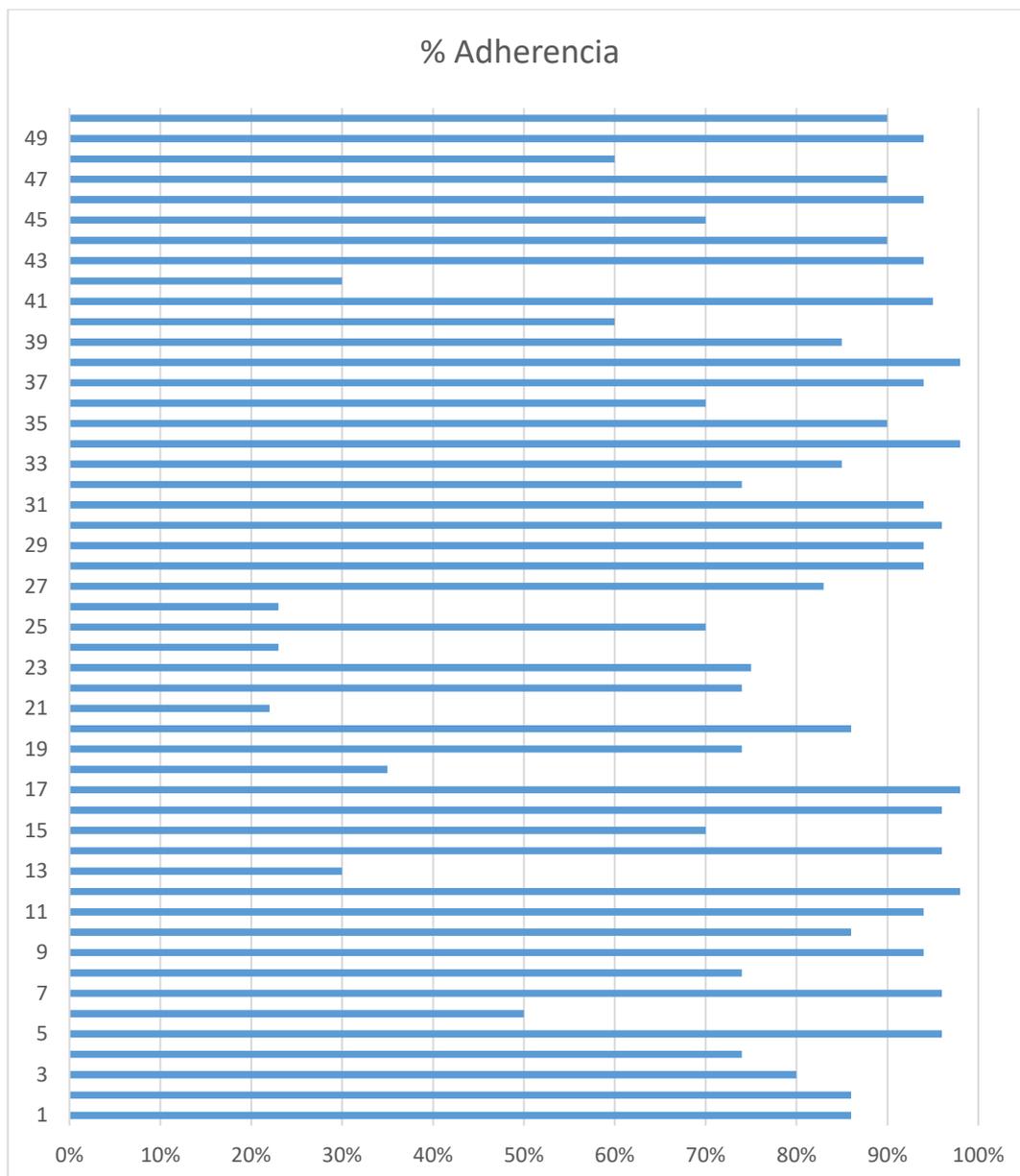


Figura 5: Histograma de Porcentajes de Adherencia por partícula 0.7%

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1. Resultados de Adherencia con Aminas Grasas

Tabla 19: Resultados de Adherencia según porcentaje de Aminas Grasas

Días	0,3% de Adherencia	0,5% de Adherencia	0,7% de Adherencia
1	74%	76%	78%
2	72%	75%	77%
3	71%	73%	75%
4	70%	70%	74%

Fuente: Elaboración Propia

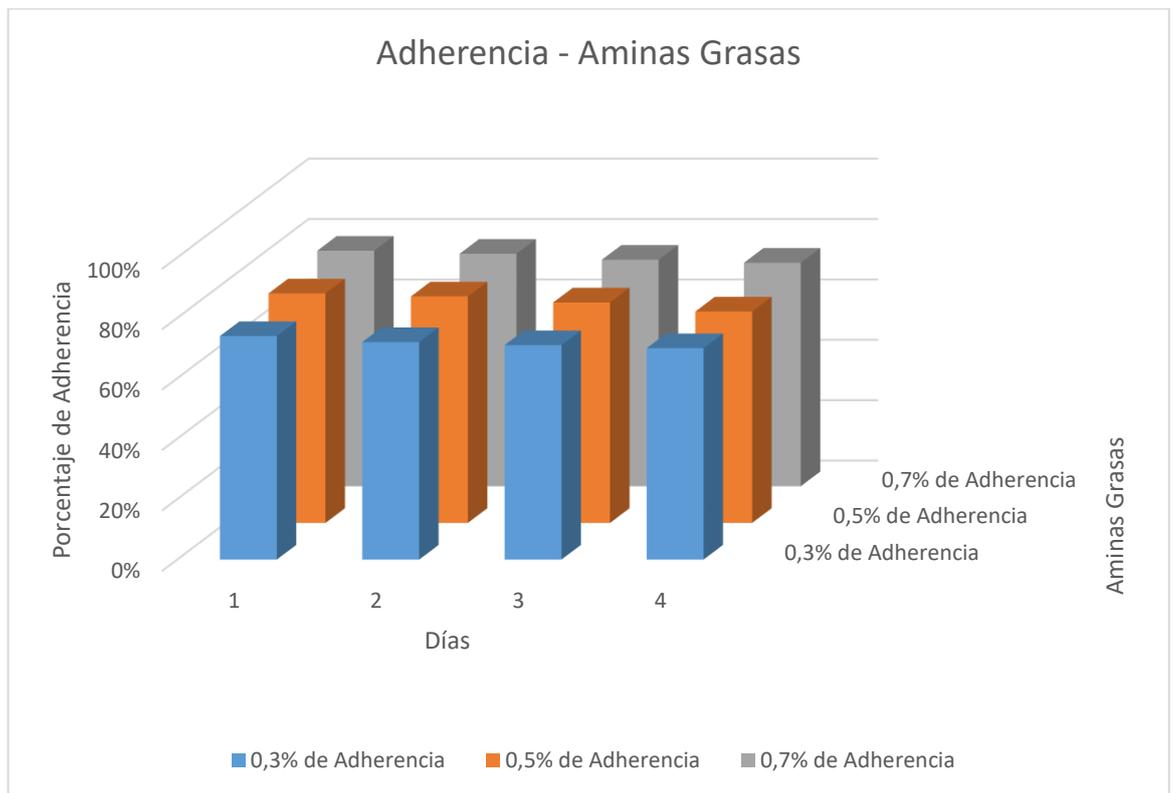


Figura 6: Resultados de Adherencia por porcentaje de Aminas Grasas

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, en la Figura 16 se tiene los resultados de los ensayos realizados a los 4 días de cada una de las combinaciones recomendadas según las especificaciones del aditivo mejorador de Adherencia (Aminas Grasas) tomando los porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7%. La Figura 16 muestra una mejora de la unión entre la grava y el material ligante representando una diferencia mínima en cuanto al paso de los días con respecto a el porcentaje de adherencia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Estabilidad de la Mezcla Asfáltica - Natural

Para realizar el estudio estadístico es necesario analizar la normalidad de datos hallados, los cuales se trabajaron a través el programa IBM SPSS

Statistics 22 para la determinación de los valores descriptivos de los valores de estabilidad.

En la Tabla 20 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de estabilidad y los días en que se presenta rotura de cada briqueta expuesta al agua de lluvia cada cinco días.

Tabla 20: Datos descriptivos de estabilidad por días de ensayo - Natural

Descriptivos					
	Días de Ensayo		Estadístico	Error estándar	
Estabilidad Promedio Corregida (kgf)	0	Media	1367,9657	1,40941	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1365,0831	
			Límite superior	1370,8482	
		Media recortada al 5%	1368,1315		
		Mediana	1369,1300		
		Varianza	59,593		
		Desviación estándar	7,71964		
		Mínimo	1352,58		
		Máximo	1380,11		
	Rango	27,53			
	5	Media	1345,4317	1,37500	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1342,6195	
			Límite superior	1348,2439	
		Media recortada al 5%	1345,4994		
		Mediana	1346,0450		
		Varianza	56,719		
		Desviación estándar	7,53120		
		Mínimo	1331,47		
		Máximo	1358,96		
Rango	27,49				
10	Media	1324,3043	1,39619		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1321,4488		
		Límite superior	1327,1599		
	Media recortada al 5%	1324,3146			
	Mediana	1325,0150			
	Varianza	58,480			
	Desviación estándar	7,64725			
	Mínimo	1311,75			
	Máximo	1337,38			
Rango	25,63				
15	Media	1318,3303	1,07560		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1316,1305		
		Límite superior	1320,5302		
	Media recortada al 5%	1318,4028			
	Mediana	1317,7800			
	Varianza	34,707			
	Desviación estándar	5,89130			
	Mínimo	1305,50			
	Máximo	1329,70			
Rango	24,20				
20	Media	1298,8940	1,59953		

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1295,6226
		Límite superior	1302,1654
	Media recortada al 5%		1298,7776
	Mediana		1297,7650
	Varianza		76,755
	Desviación estándar		8,76100
	Mínimo		1284,45
	Máximo		1315,13
	Rango		30,68

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 21 el análisis de los datos obtenidos sigue una distribución normal para los datos de estabilidad en agua de lluvia. Para resolver esa interrogante tomaremos como base el programa estadístico SPSS, analizando por Kolmogorov - Smimov y por Shapiro - Wilk.

Tabla 21: Pruebas de normalidad en estabilidad corregida

	Pruebas de normalidad						
	Días de Ensayo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad Promedio (kgf)	0	,108	30	,200*	,966	30	,444
	5	,108	30	,200*	,959	30	,294
	10	,164	30	,038	,924	30	,034
	15	,106	30	,200*	,985	30	,931
	20	,137	30	,159	,946	30	,133

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

En este caso se analizó los datos con la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk debido a que se cuenta con una cantidad de datos menor a 50. En la Tabla 21 se observa que el nivel de significancia (sig) menor es de 0.034 en la mayoría de los casos se tiene que todas las significancias son menores a 0.500. Los datos de número de días por estabilidad promedio corregida indica simetría y la normalidad de sus datos.

En la Figura 17 se observa la distribución anormal, con lo cual se infiere que los datos son asimétricos. Estadísticamente el valor del nivel de significancia es $0.000 < 0.050$, donde se puede deducir que no existe una distribución normal para el número de días sumergido en agua de lluvia.

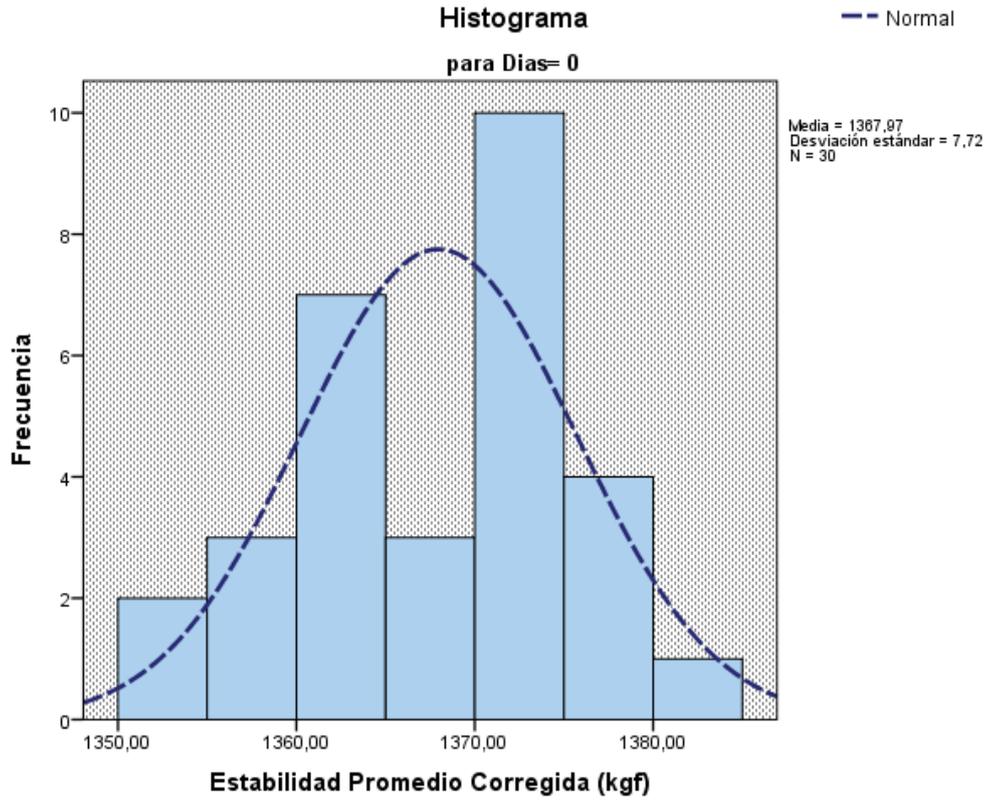


Figura 7: Curva de normalidad para muestra inalterada

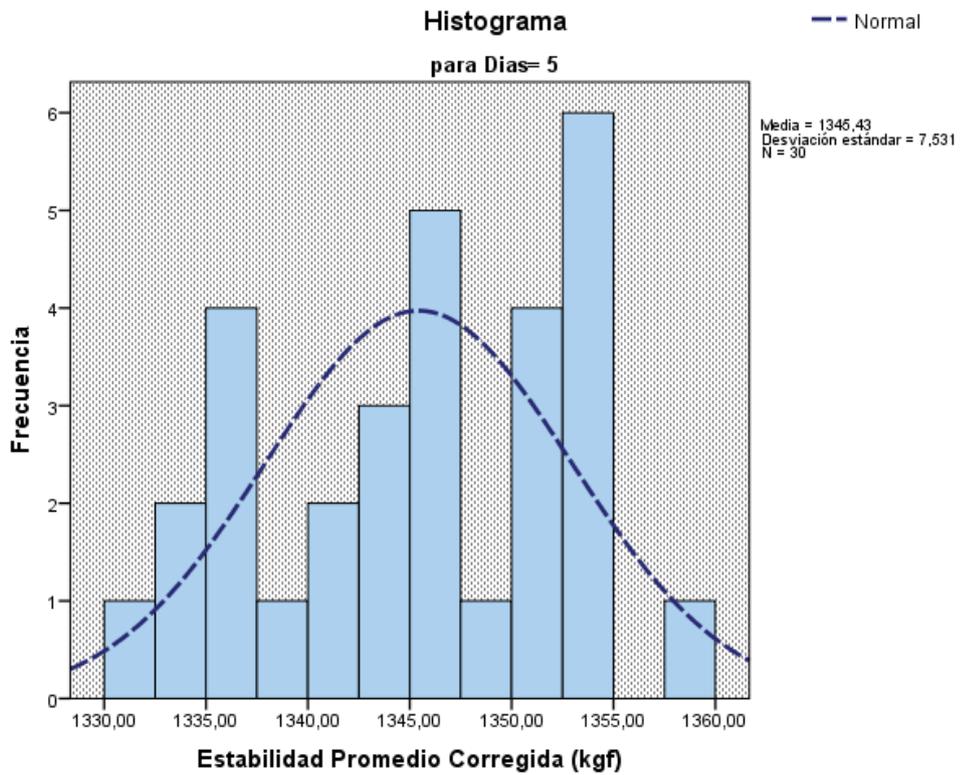


Figura 8: Curva de normalidad para muestra sumergida 5 días

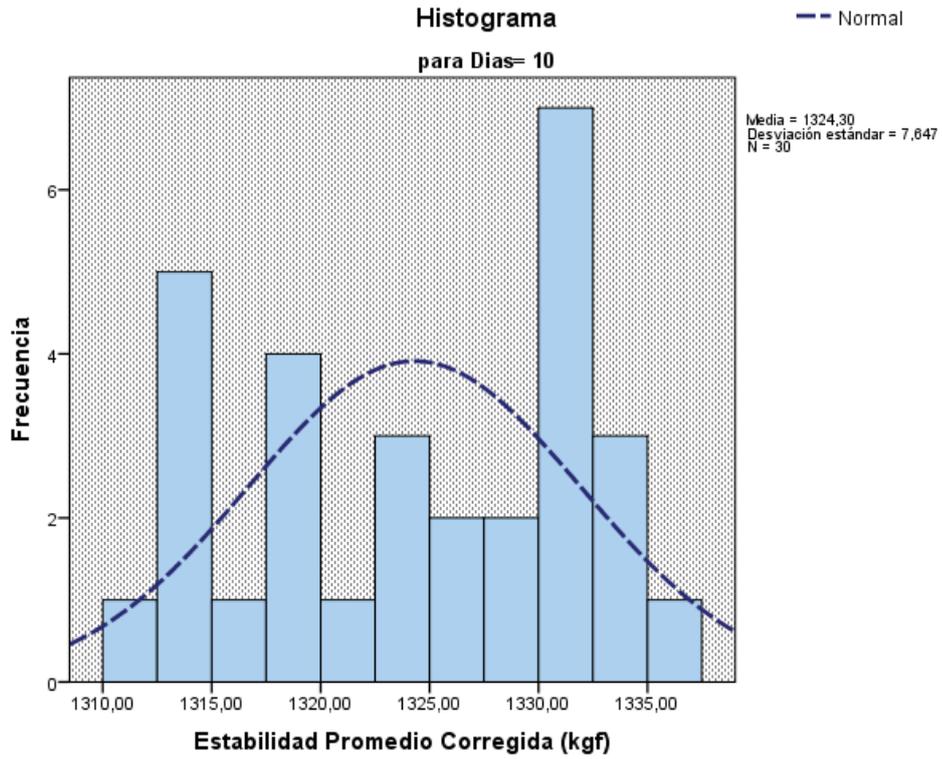


Figura 9: Curva de normalidad para muestra sumergida 10 días

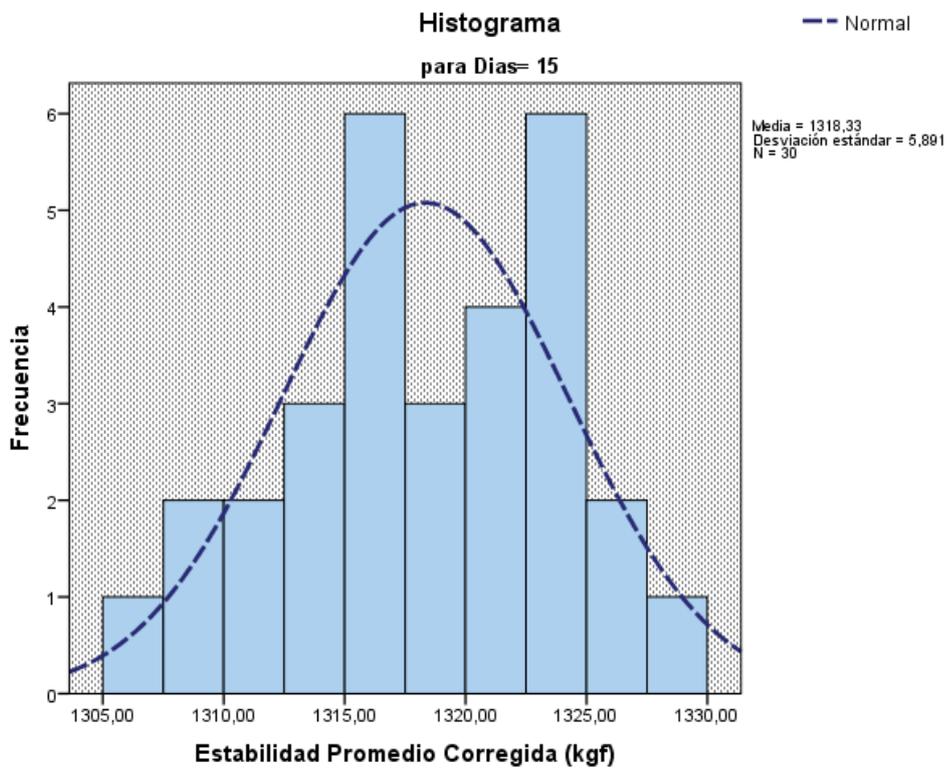


Figura 20: Curva de normalidad para muestra sumergida 15 días

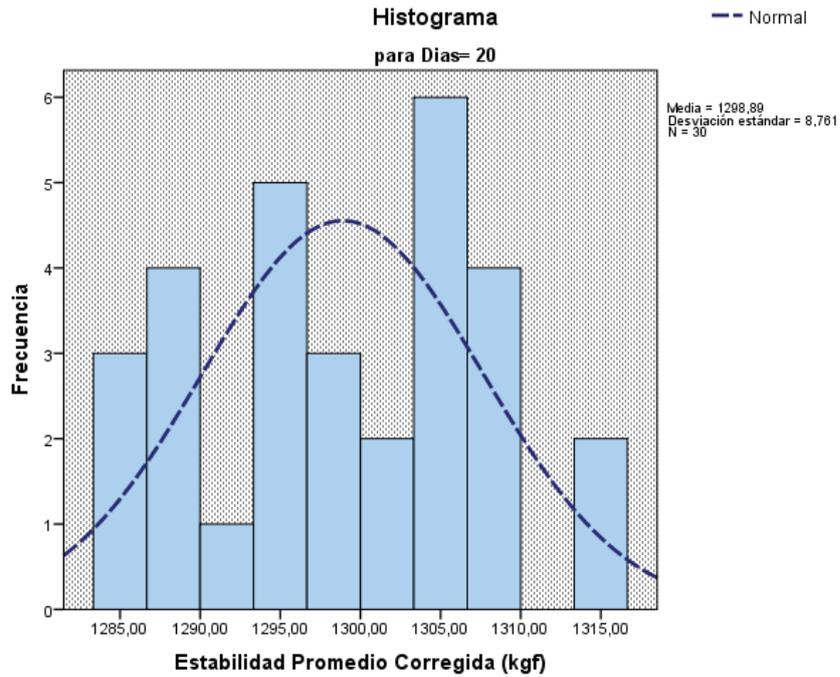


Figura 10: Curva de normalidad para muestra sumergida 15 días

En la Figura 22 se observa que todos los datos se encuentran dentro de los rangos del diagrama de bigotes ya que este otorga limites los cuales son obtenidos en el ensayo. En este caso las fichas de estabilidad corregida no son rechazadas, lo cual se interpreta que los datos ingresados son aceptados para realizar el análisis estadístico respectivo.

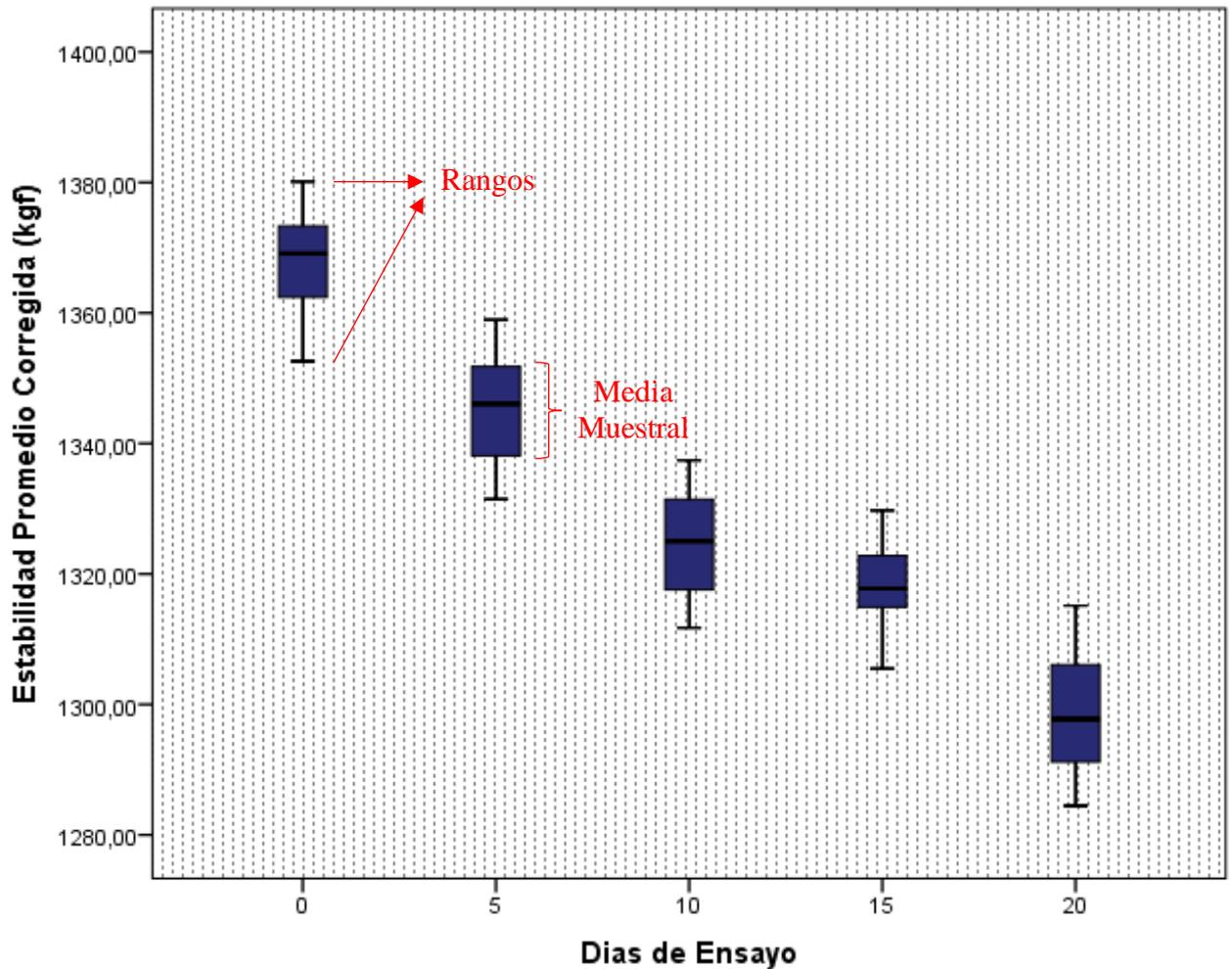


Figura 11: Diagrama de Bigotes de la resistencia de cada briqueta por días sumergidos

Analizando el gráfico de bigotes tenemos los rangos permisibles dentro de la media muestral según los días de ensayo, en caso se presentará un dato fuera de la distribución normal, entonces se procedería a eliminar el dato no paramétrico. En este caso se realizará el análisis estadístico según los coeficientes de correlación de Spearman, el cual plantea las siguientes hipótesis:

Ho: $\rho = 0$ (No existe correlación entre los días de saturación en agua pluvial y la resistencia promedio corregida)

Hi: $\rho \neq 0$ (Existe correlación entre los días de saturación en agua pluvial y la resistencia promedio corregida)

Tabla 22: Tabla de Correlación de Spearman

Correlaciones			Días de Ensayo	Estabilidad Promedio Corregida (kgf)
Rho de Spearman	Días de Ensayo	Coeficiente de correlación	1,000	-,944**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	150	150
	Estabilidad Promedio Corregida (kgf)	Coeficiente de correlación	-,944**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	150	150

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la Tabla N° 22 se tiene que la rho para días es de -.944 (Estabilidad corregida) pues indica según la Tabla N° 23 que tiene una correlación considerable, teniendo en cuenta ello se puede analizar gráficamente las variables a través de rangos que indican que tan fuerte es la correlación. En este caso se cuenta con una correlación negativa perfecta, ya que se encuentra en el ítem de -0.91 y -1.00.

Tabla 23: Intensidad de correlación

ÍTEM	PROYECTO
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.70	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.90 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Gráfico de días sumergido en agua de lluvia – Estabilidad corregida

En la Figura 23 nos otorga una línea de tendencia donde disminuye el valor de la estabilidad corregida (kgf) a medida que las muestras pasan más tiempo expuestas a la humedad de agua de lluvia. La ecuación resultante permite hallar la estabilidad proyectada a cualquier cantidad de días requeridos a analizar.

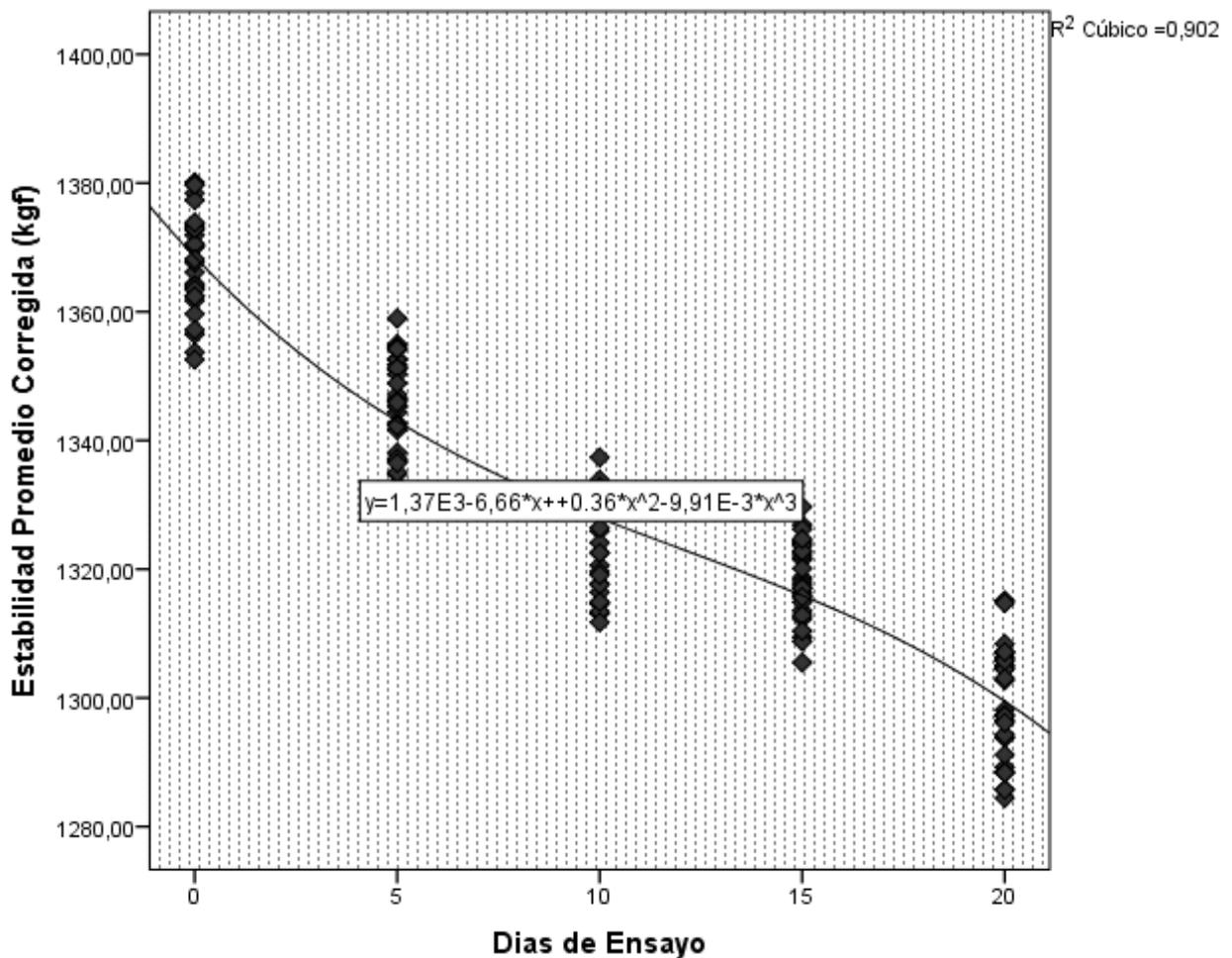


Figura 12: Días de Ensayo por Estabilidad ensayada

Flujo de la Mezcla Asfáltica - Natural

En la Tabla 24 se tienen los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de deformación y los días en que se crea rotura de cada briqueta expuesta a la humedad de agua de lluvia y roturando cada 5 días hasta llegar a los 20 días.

Tabla 24: Intensidad de correlación

Descriptivos

		Días de Ensayo		Estadístico	Error estándar
Deformación (mm)	0	Media		2,7823	,04790
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,6844	
			Límite superior	2,8803	
		Media recortada al 5%		2,7911	
		Mediana		2,8550	
		Varianza		,069	
		Desviación estándar		,26239	
		Mínimo		2,29	
	Máximo		3,11		
	5	Media		2,8370	,03420
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,7671	
			Límite superior	2,9069	
		Media recortada al 5%		2,8333	
		Mediana		2,8300	
		Varianza		,035	
		Desviación estándar		,18731	
		Mínimo		2,60	
	Máximo		3,14		
	Rango		,54		
	10	Media		3,0727	,02362
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,0244	
			Límite superior	3,1210	
		Media recortada al 5%		3,0752	
		Mediana		3,0800	
		Varianza		,017	
		Desviación estándar		,12937	
		Mínimo		2,85	
	Máximo		3,26		
Rango		,41			
15	Media		3,1773	,02458	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,1271		
		Límite superior	3,2276		
	Media recortada al 5%		3,1785		
	Mediana		3,1700		
	Varianza		,018		
	Desviación estándar		,13462		
	Mínimo		2,96		
Máximo		3,37			
Rango		,41			
20	Media		3,2437	,03376	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,1746		
		Límite superior	3,3127		
	Media recortada al 5%		3,2402		
	Mediana		3,2150		
Varianza		,034			

	Desviación estándar	,18492
	Mínimo	2,98
	Máximo	3,57
	Rango	,59

En la Tabla 25 se analiza los datos obtenidos observando si siguen una distribución normal para los datos de fluencia en ácido úrico. Para resolver esa interrogante nos apoyamos con el programa estadístico SPSS, analizando por Kolmogorov – Smimov y por Shapiro – Wilk según el número de muestras.

Tabla 25: Prueba de normalidad de fluencia

Pruebas de normalidad							
	Días de Ensayo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Deformación (mm)	0	,139	30	,146	,912	30	,016
	5	,184	30	,011	,881	30	,003
	10	,117	30	,200 [*]	,922	30	,030
	15	,121	30	,200 [*]	,922	30	,030
	20	,118	30	,200 [*]	,938	30	,082

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se analizó los datos con la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk ya que se tiene una cantidad menor a 50 datos. En la Tabla 26 se observa que el nivel de significancia (sig) menor es de 0.003 en la mayoría de los casos se tiene que todas las significancias son menores a 0.500. Los datos de número de días por estabilidad promedio corregida indica simetría y la normalidad de sus datos.

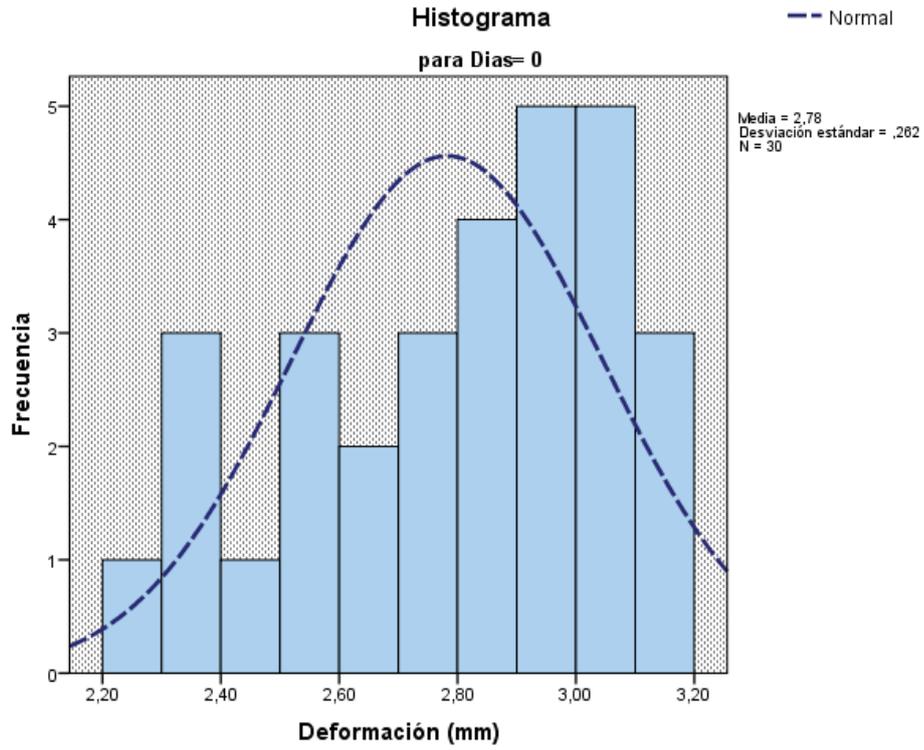


Figura 13: Curva de normalidad Deformación – condición natural

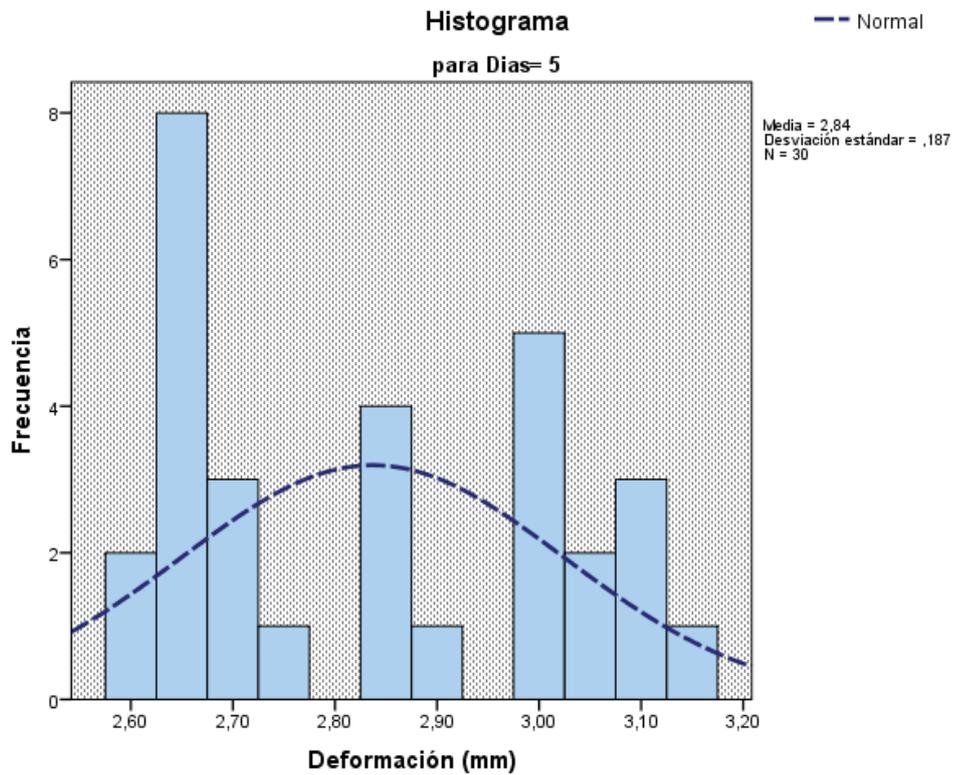


Figura 14: Curva de normalidad Deformación – 5 días

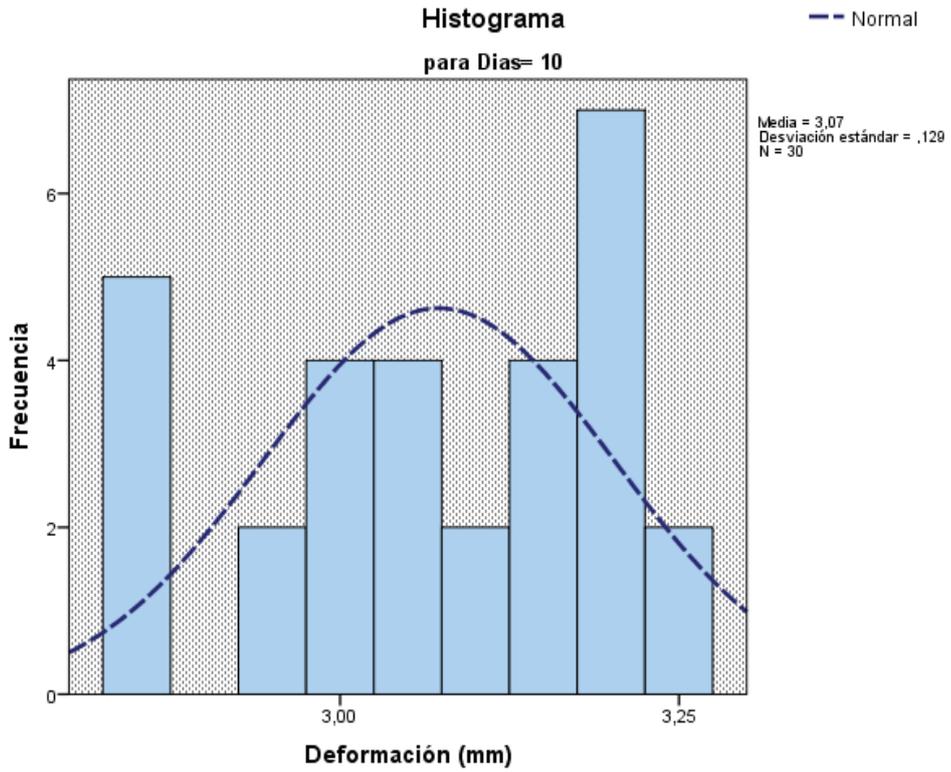


Figura 15: Curva de normalidad Deformación – 10 días

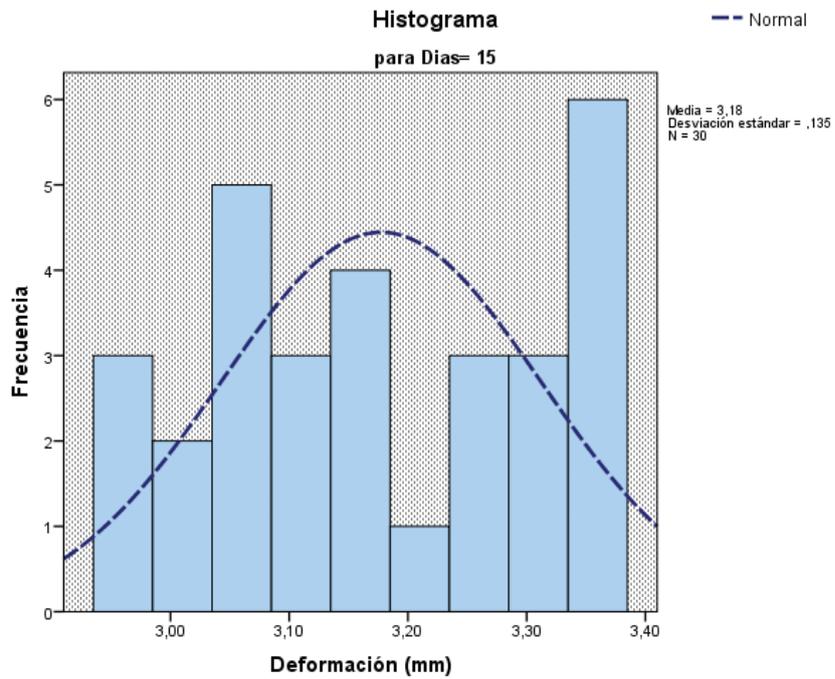


Figura 16: Curva de normalidad Deformación – 15 días

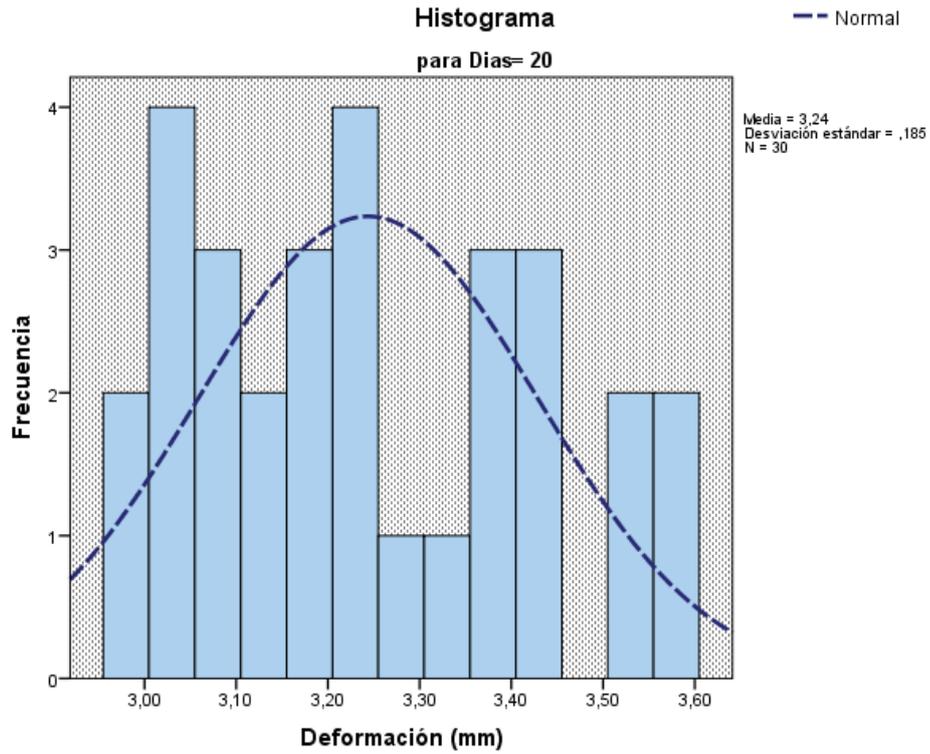


Figura 17: Curva de normalidad Deformación – 20 días

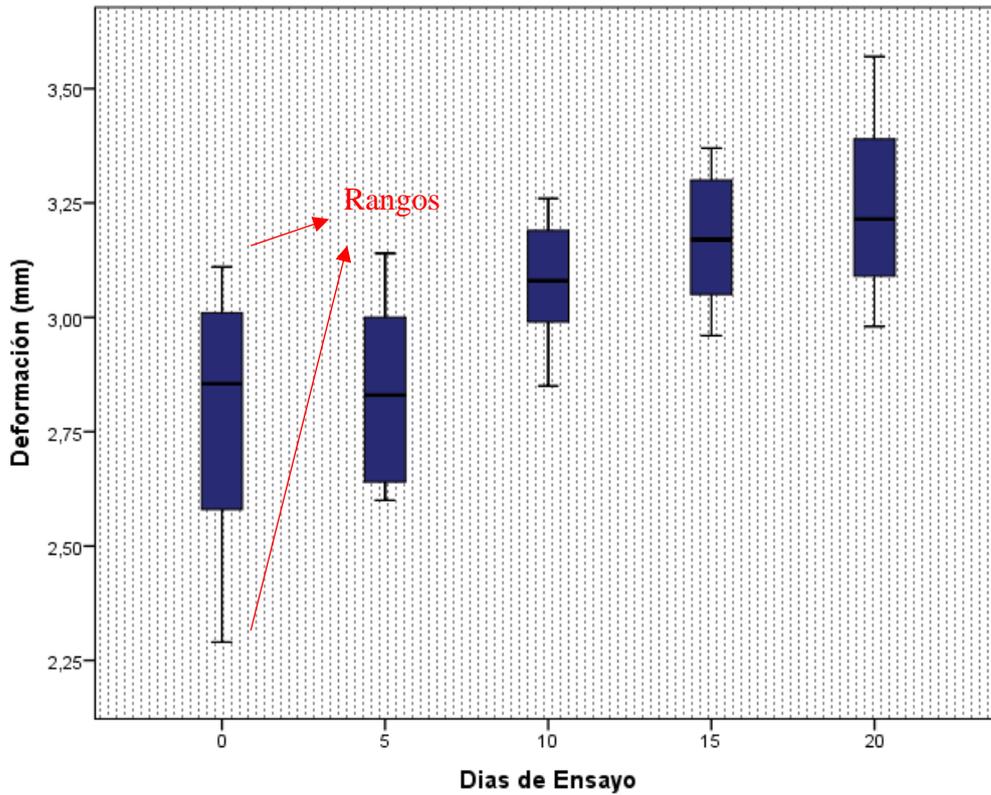


Figura 18: Diagrama de Bigotes – deformación Natural

En la Figura 29 se observa que todos los datos se encuentran dentro de los rangos del diagrama de bigotes ya que este otorga límites obtenidos en el ensayo. En este caso los valores de estabilidad corregida no son rechazados, lo cual se interpreta como los datos ingresados son aceptados para realizar el análisis estadístico respectivo.

Gráfico de días sumergido en agua de lluvia – Flujo

En la Figura 30 se procede a realizar el gráfico donde nos otorga una línea tendencia donde disminuye el valor de la deformación (mm) a medida que las muestras pasan más tiempo expuestas a la humedad de agua de lluvia. La ecuación resultante permite hallar la deformación proyectada a cualquier cantidad de días requeridos a analizar.

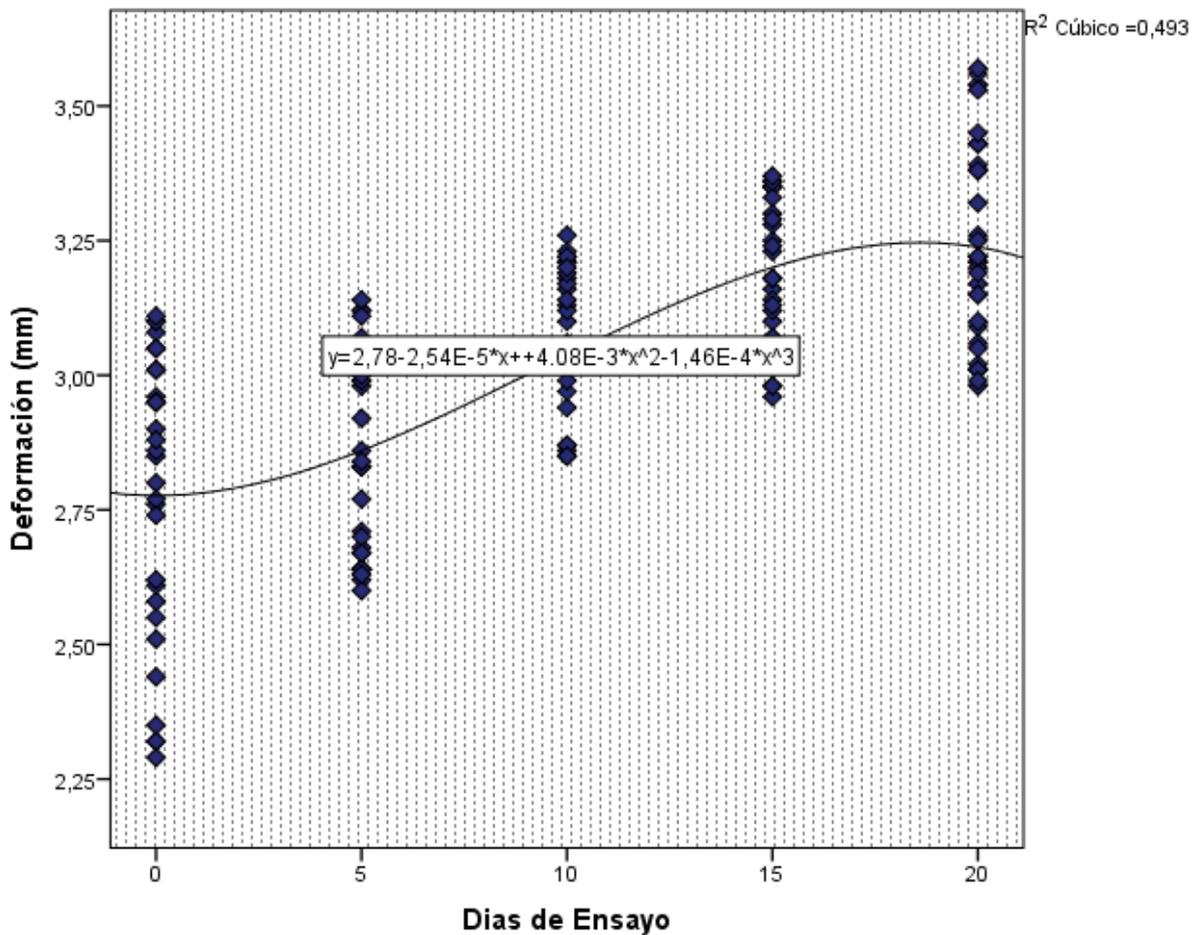


Figura 19: Deformación (mm) ensayados cada 5 días

Estabilidad de la Mezcla Asfáltica – Aminas Grasas

Para realizar el análisis estadístico se abarcó sobre la normalidad de datos encontrados los cuales se trabajaron mediante el programa SPSS para la determinación de los datos descriptivos de los valores de estabilidad mejorada con aminas grasas.

En la Tabla 26 se logra observar los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de estabilidad y los días de rotura de cada briqueta expuesta al agua de lluvia cada cinco días.

Tabla 26: Estadísticos descriptivos Estabilidad mejorada – Aminas Grasas

Descriptivos

		Días de Ensayo	Estadístico	Error estándar		
Estabilidad mejorada Aminas Grasas	0	Media	1368,1770	1,33545		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1365,4457		
			Límite superior	1370,9083		
		Media recortada al 5%	1368,3309			
		Mediana	1367,9850			
		Varianza	53,503			
		Desviación estándar	7,31455			
		Mínimo	1352,61			
		Máximo	1379,69			
		Rango	27,08			
		5	Media	1360,5587	1,81105	
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1356,8547	
				Límite superior	1364,2627	
			Media recortada al 5%	1360,5309		
Mediana	1359,1850					
Varianza	98,397					
Desviación estándar	9,91952					
Mínimo	1344,16					
Máximo	1377,90					
Rango	33,74					
10	Media	1354,5477	2,43794			
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1349,5615			
		Límite superior	1359,5338			
	Media recortada al 5%	1354,7378				
	Mediana	1357,3450				
	Varianza	178,306				
	Desviación estándar	13,35313				
	Mínimo	1330,83				
	Máximo	1374,85				
	Rango	44,02				
15	Media	1340,2897	3,35807			
	Límite inferior	1333,4216				

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	1347,1577	
	Media recortada al 5%		1340,3720	
	Mediana		1340,3300	
	Varianza		338,300	
	Desviación estándar		18,39293	
	Mínimo		1310,06	
	Máximo		1369,23	
	Rango		59,17	
20	Media		1332,0997	2,85077
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1326,2692	
		Límite superior	1337,9302	
	Media recortada al 5%		1331,8235	
	Mediana		1329,4200	
	Varianza		243,807	
	Desviación estándar		15,61434	
	Mínimo		1306,99	
	Máximo		1364,00	
	Rango		57,01	

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar, en la Tabla 27 el análisis de los datos obtenidos y siguen una distribución normal para los datos de estabilidad en agua de lluvia. Para resolver esa interrogante tomaremos como base el programa estadístico SPSS, analizando por Kolmogorov - Smimov y por Shapiro - Wilk.

Tabla 27: Estadísticos descriptivos Estabilidad mejorada – Aminas Grasas

	Pruebas de normalidad						
	Días de Ensayo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad mejorada Aminas Grasas	0	,119	30	,200*	,966	30	,425
	5	,120	30	,200*	,947	30	,137
	10	,127	30	,200*	,945	30	,124
	15	,082	30	,200*	,953	30	,206
	20	,099	30	,200*	,970	30	,528

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

En este caso se analizó los datos con la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk debido a que se cuenta con una cantidad de datos menor a 50. En la Tabla 27 se observa que el nivel de significancia (sig) menor es de 0.124 en la mayoría de los casos se tiene que todas las significancias son menores a 0.500. Se

comprueba que existe simetría y una distribución normal en la distribución de los datos.

En la Figura 31 se observa la distribución anormal, con lo cual se infiere que los datos son asimétricos. Estadísticamente el valor del nivel de significancia es $0.000 < 0.050$ donde se puede deducir que no existe una distribución normal para el número de días sumergido en agua de lluvia.

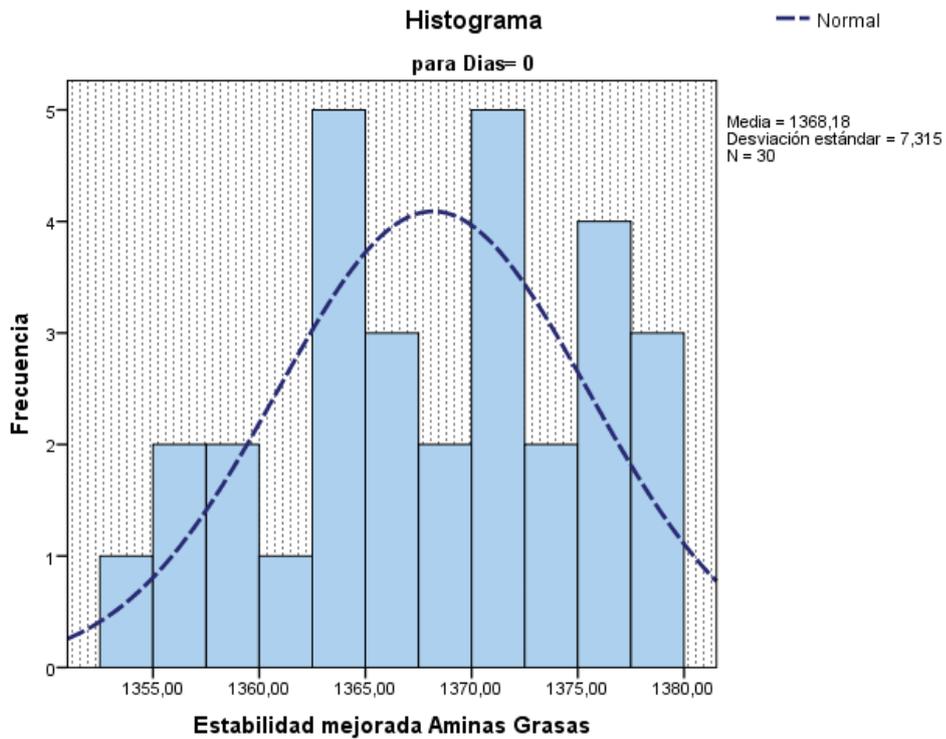


Figura 20: Curva de normalidad Deformación – Natural

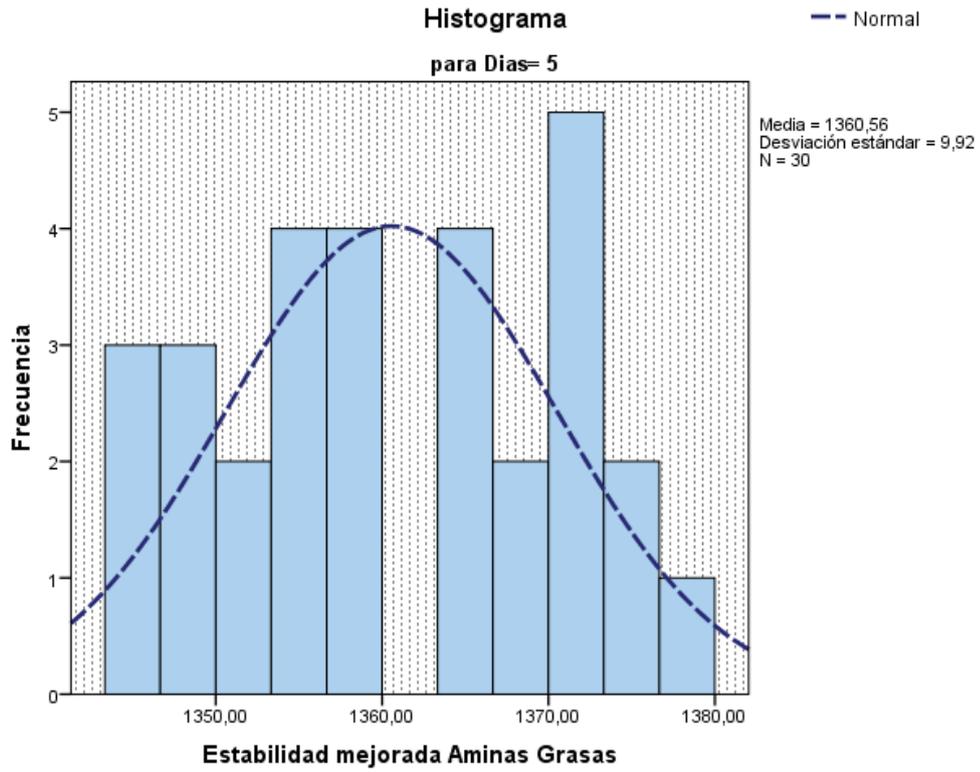


Figura 21: Curva de normalidad Deformación – 5 días

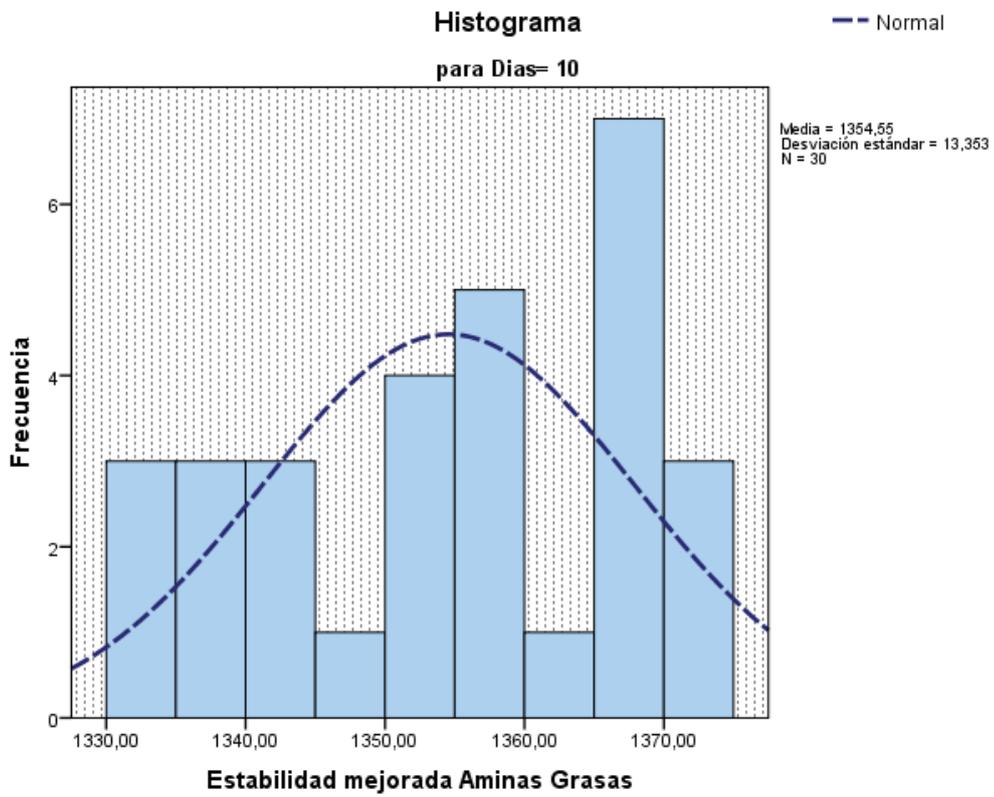


Figura 22: Curva de normalidad Deformación – 10 días

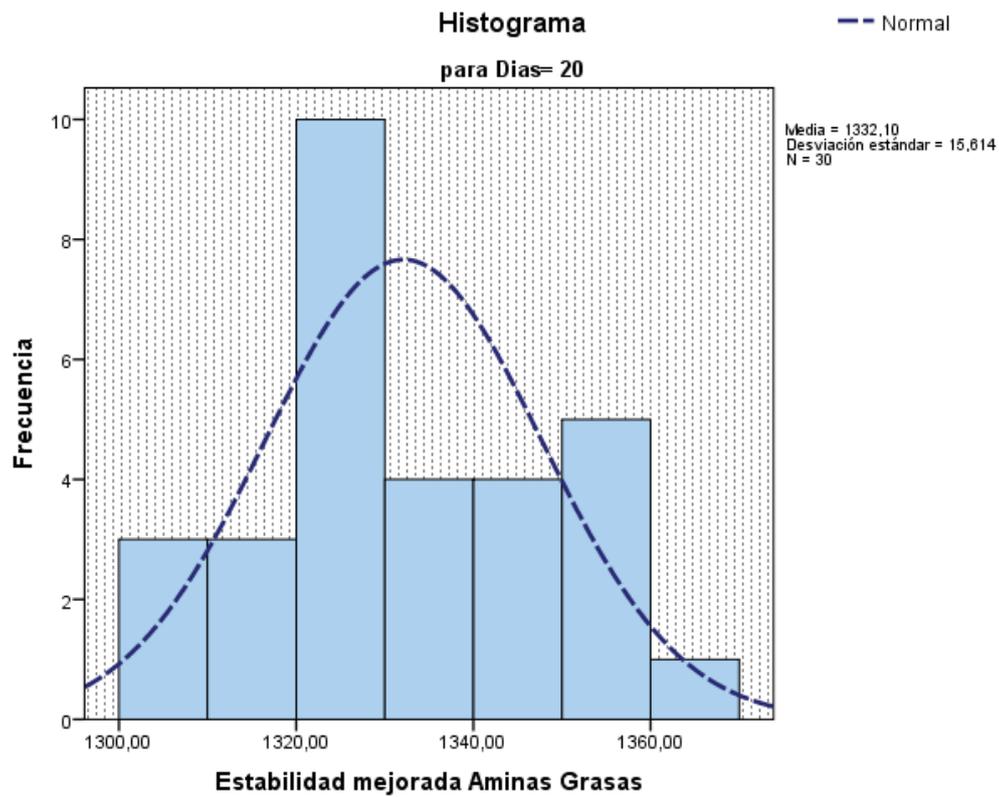


Figura 23: Curva de normalidad Deformación – 15 días

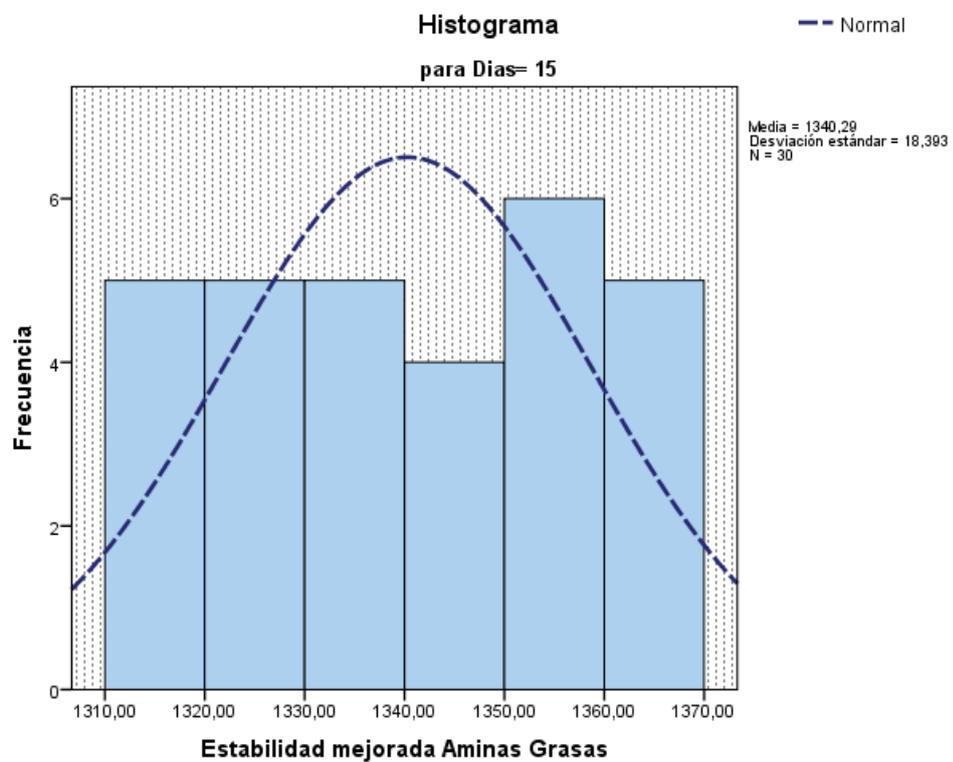


Figura 24: Curva de normalidad Deformación – 20 días

En la Figura 36 se observa que todos los datos se encuentran dentro de los rangos del diagrama de bigotes ya que este otorga límites los cuales son obtenidos en el ensayo. En este caso los datos de estabilidad corregida no son rechazados mejorados con Aminas Grasas, lo cual se puede interpretar como que los datos ingresados son aceptados para realizar el análisis estadístico respectivo.

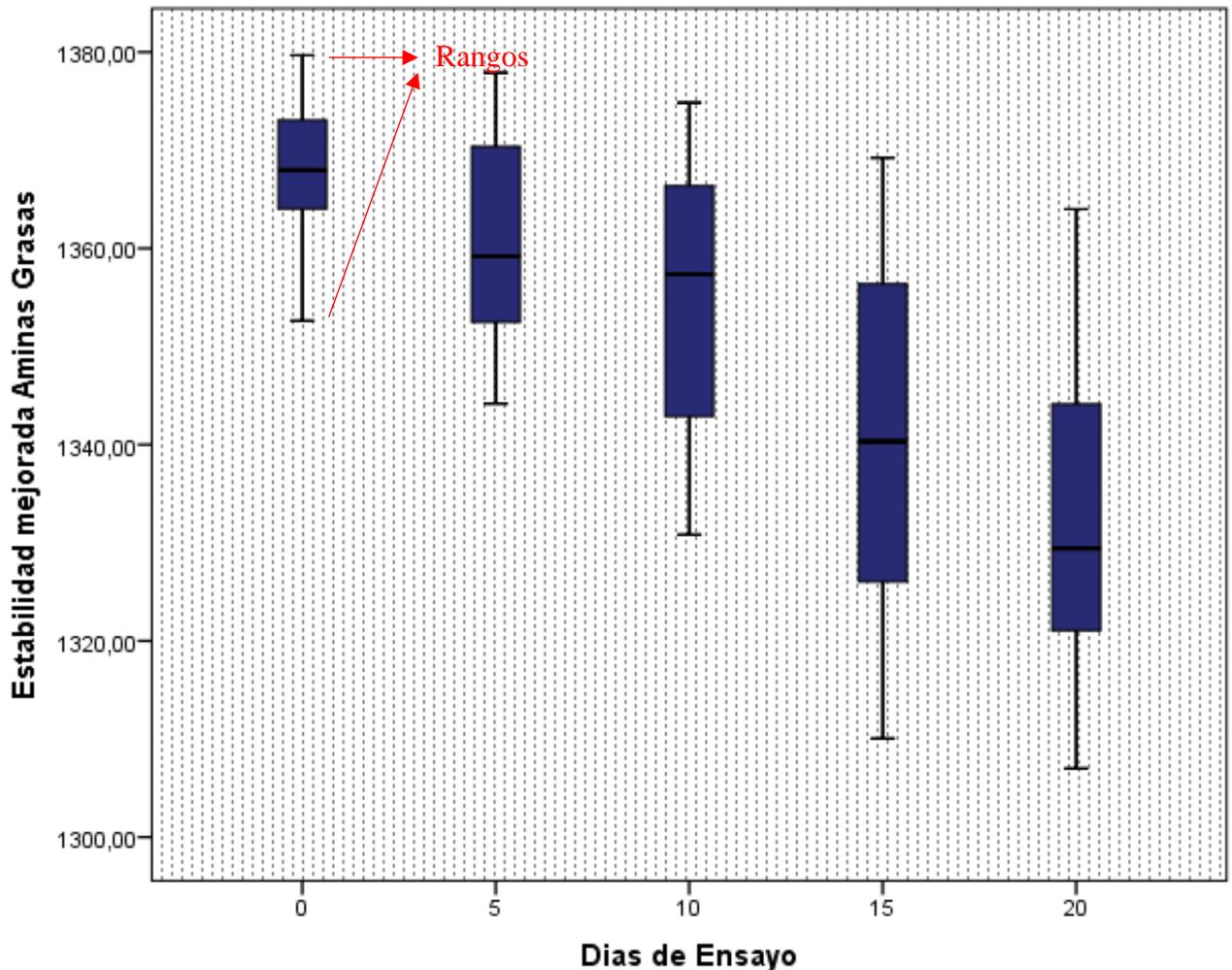


Figura 25: Diagrama de Bigotes Estabilidad – Aminas Grasas

Fuente: Elaboración Propia

Analizando la distribución normal de los datos nos indica si los datos son paramétricos o no paramétricos y a través de este proceso poder analizar el grado de correlación entre las variables como son la estabilidad, fluencia y

número de días sumergido en agua de lluvia. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Spearman donde plantea que:

Ho: $\rho = 0$ (No existe correlación entre los días de saturación en agua pluvial y la resistencia promedio corregida)

Hi: $\rho \neq 0$ (Existe correlación entre los días de saturación en agua pluvial y la resistencia promedio corregida)

Tabla 28: Tabla de Correlación de Spearman

Correlaciones			Días de Ensayo	Estabilidad mejorada Aminas Grasas
Rho de Spearman	Días de Ensayo	Coeficiente de correlación	1,000	-,702**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	150	150
	Estabilidad mejorada Aminas Grasas	Coeficiente de correlación	-,702**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	150	150

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 28 se observa que la rho para días es de -.702 (Estabilidad corregida) que indica según la Tabla 29 que tiene una correlación negativa considerable, teniendo en cuenta ello se puede analizar gráficamente las variables a través de rangos que indican que tan fuerte es la correlación. En este caso se cuenta con una correlación negativa considerable, ya que se encuentra en el ítem de -0.51 y -0.75.

Tabla 29: Intensidad de correlación

ÍTEM	PROYECTO
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.70	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.90 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Gráfico de días sumergido en agua de lluvia con Aminas Grasas– Estabilidad corregida

En la Figura 37 se visualiza una línea tendencia donde disminuye el valor de la resistencia corregida (kgf) a medida que las muestras pasan más tiempo expuestas a la humedad de agua de lluvia. La ecuación resultante permite hallar la estabilidad proyectada a cualquier cantidad de días requeridos a analizar.

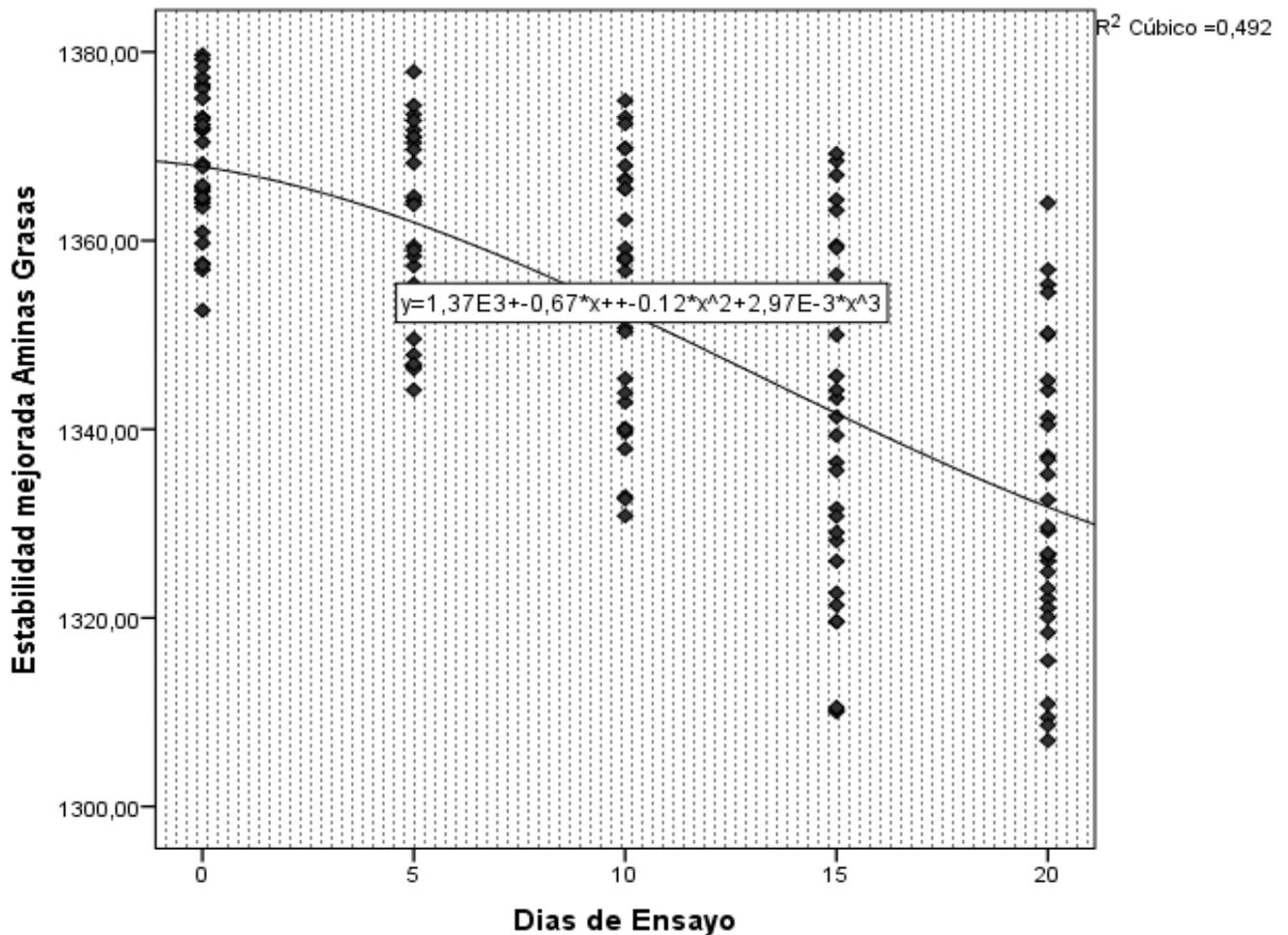


Figura 26: Días de Ensayo por Estabilidad ensayada mejorada con Aminas Grasas

Flujo de la Mezcla Asfáltica – Aminas Grasas

En la Tabla 30 se observa los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de deformación y los días en que se presenta rotura de cada briqueta expuesta a la humedad de agua de lluvia y roturando cada 5 días hasta llegar a los 20 días y con el mejorador de adherencia compuesto de Aminas Grasas.

Tabla 30: Intensidad de correlación

Descriptivos

		Días de Ensayo		Estadístico	Error estándar
Deformación mejorada Aminas Grasas	0	Media		2,6643	,04850
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,5651	
			Límite superior	2,7635	
		Media recortada al 5%		2,6646	

	Mediana		2,6650	
	Varianza		,071	
	Desviación estándar		,26564	
	Mínimo		2,22	
	Máximo		3,10	
	Rango		,88	
5	Media		2,7430	,03822
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,6648	
		Límite superior	2,8212	
	Media recortada al 5%		2,7411	
	Mediana		2,7700	
	Varianza		,044	
	Desviación estándar		,20935	
	Mínimo		2,42	
	Máximo		3,10	
	Rango		,68	
10	Media		2,9327	,03014
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,8710	
		Límite superior	2,9943	
	Media recortada al 5%		2,9357	
	Mediana		2,9350	
	Varianza		,027	
	Desviación estándar		,16511	
	Mínimo		2,61	
	Máximo		3,19	
	Rango		,58	
15	Media		3,0507	,03301
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,9832	
		Límite superior	3,1182	
	Media recortada al 5%		3,0491	
	Mediana		3,0500	
	Varianza		,033	
	Desviación estándar		,18078	
	Mínimo		2,80	
	Máximo		3,33	
	Rango		,53	
20	Media		3,1613	,02480
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,1106	
		Límite superior	3,2120	
	Media recortada al 5%		3,1587	
	Mediana		3,1600	
	Varianza		,018	
	Desviación estándar		,13582	
	Mínimo		2,93	
	Máximo		3,43	
	Rango		,50	

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 31 se analiza los datos obtenidos observando si siguen una distribución normal para los datos de fluencia según los días de ensayo de las muestras mejoradas con aminas grasas. Para el estudio estadístico de la distribución normal de los resultados obtenidos se empleó el programa SPSS, analizando por Kolmogorov - Smirnov y por Shapiro – Wilk según las muestras mejoradas con aminas grasas.

Tabla 31: Prueba de normalidad de fluencia – Aminas Grasas

Pruebas de normalidad							
	Días de Ensayo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Deformación	0	,146	30	,104	,942	30	,103
mejorada	5	,143	30	,117	,942	30	,100
Aminas	10	,069	30	,200*	,965	30	,419
Grasas	15	,148	30	,093	,907	30	,013
	20	,094	30	,200*	,972	30	,583

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

Se analizó los datos con la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk ya que se tiene una cantidad menor a 50 datos. En la Tabla 31 se observa que el nivel de significancia (sig) menor es de 0.013 en la mayoría de los casos se tiene que todas las significancias son menores a 0.500. Los datos de número de días por estabilidad promedio corregida indica simetría y la normalidad de sus datos.

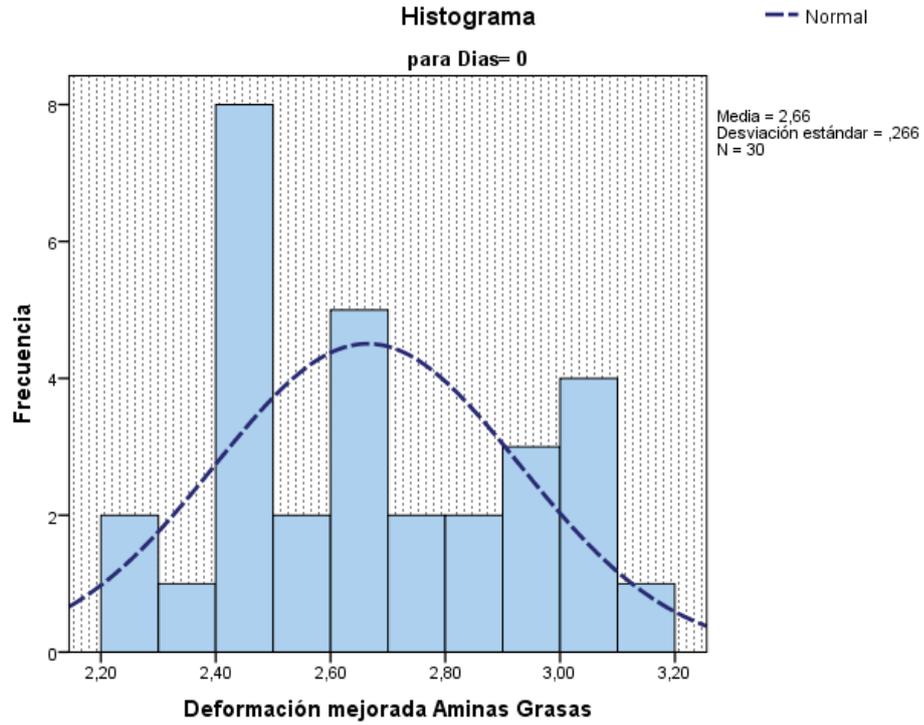


Figura 27: Curva de normalidad Deformación – condición natural

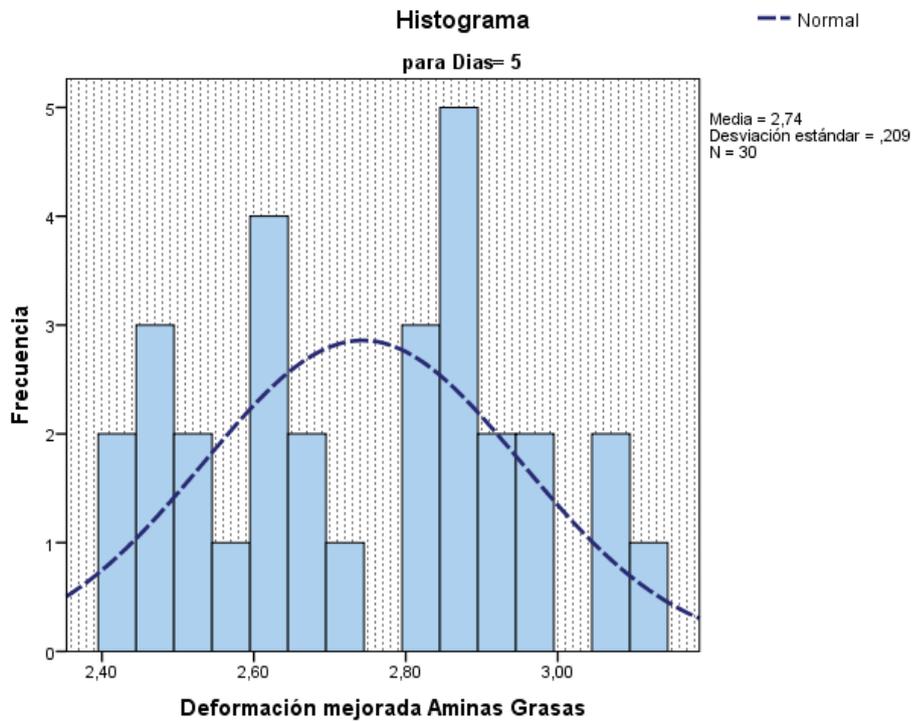


Figura 28: Curva de normalidad Deformación – 5 días

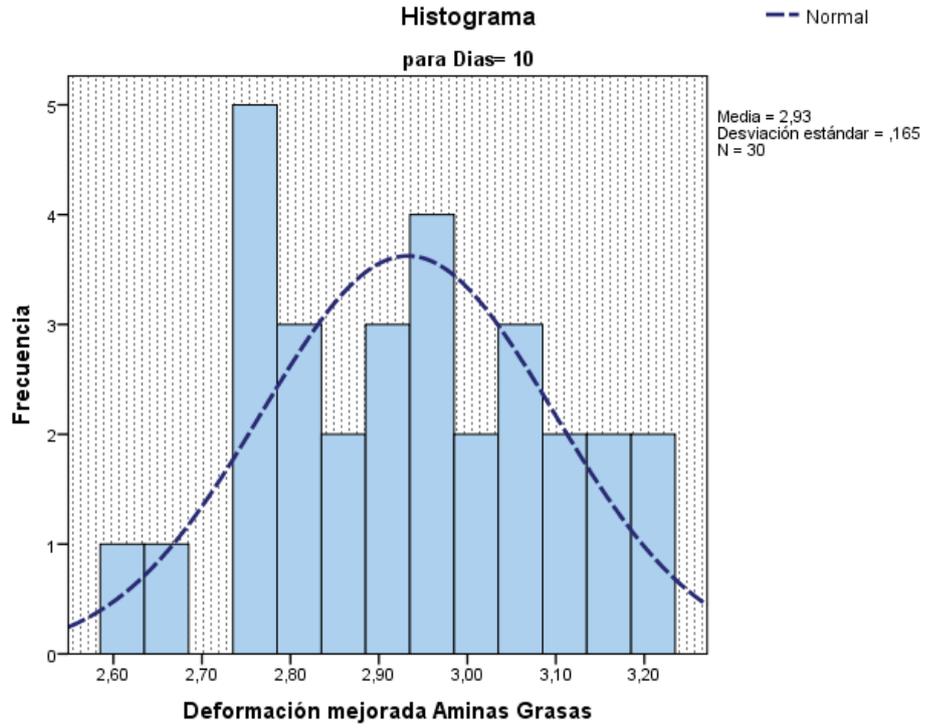


Figura 40: Curva de normalidad Deformación – 10 días

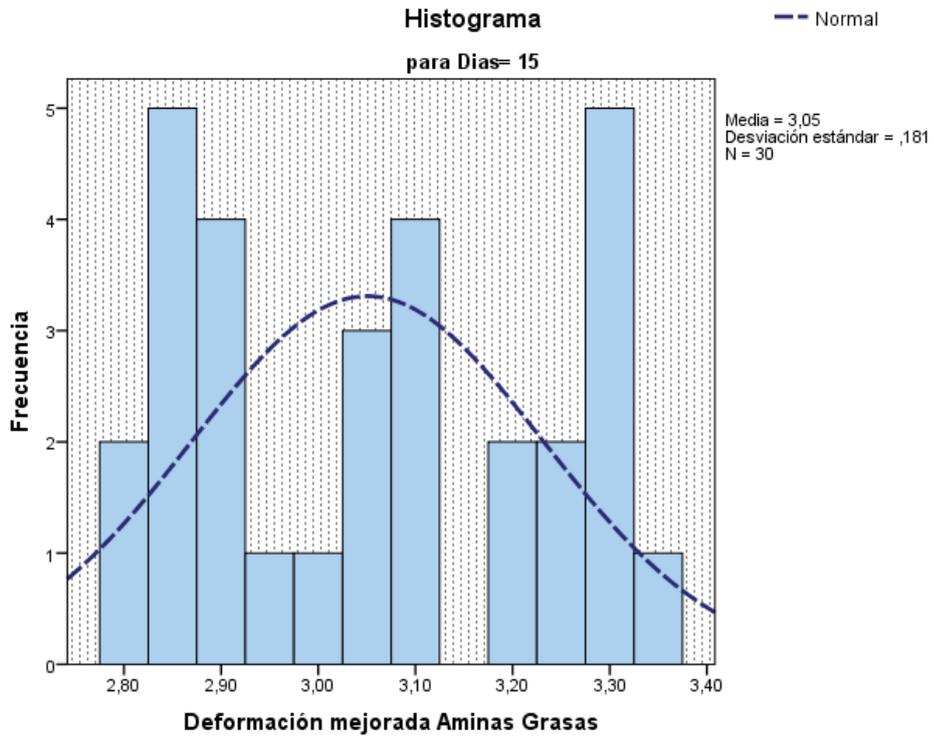


Figura 29: Curva de normalidad Deformación – 15 días

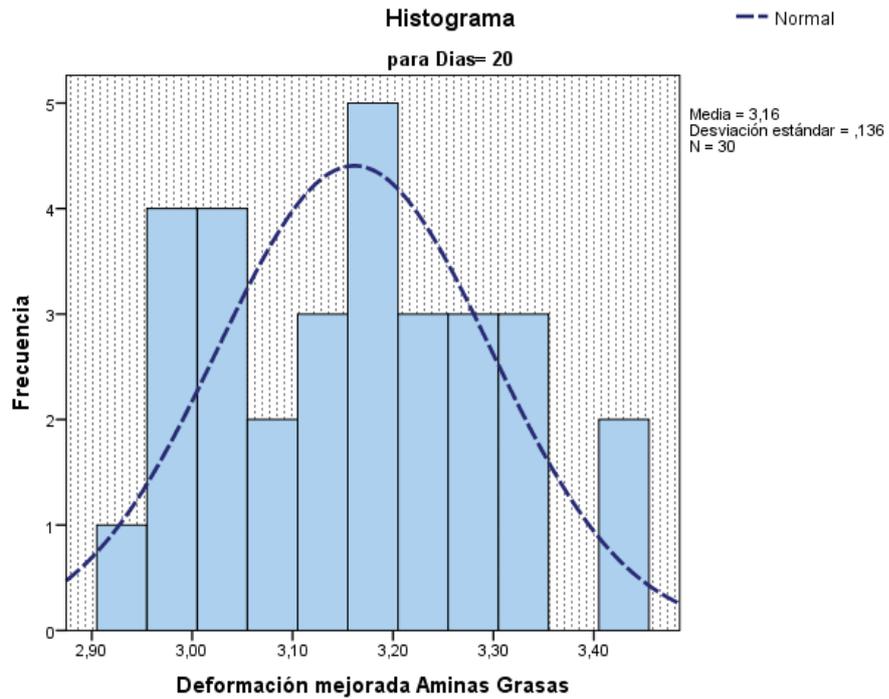


Figura 30: Curva de normalidad Deformación – 20 días

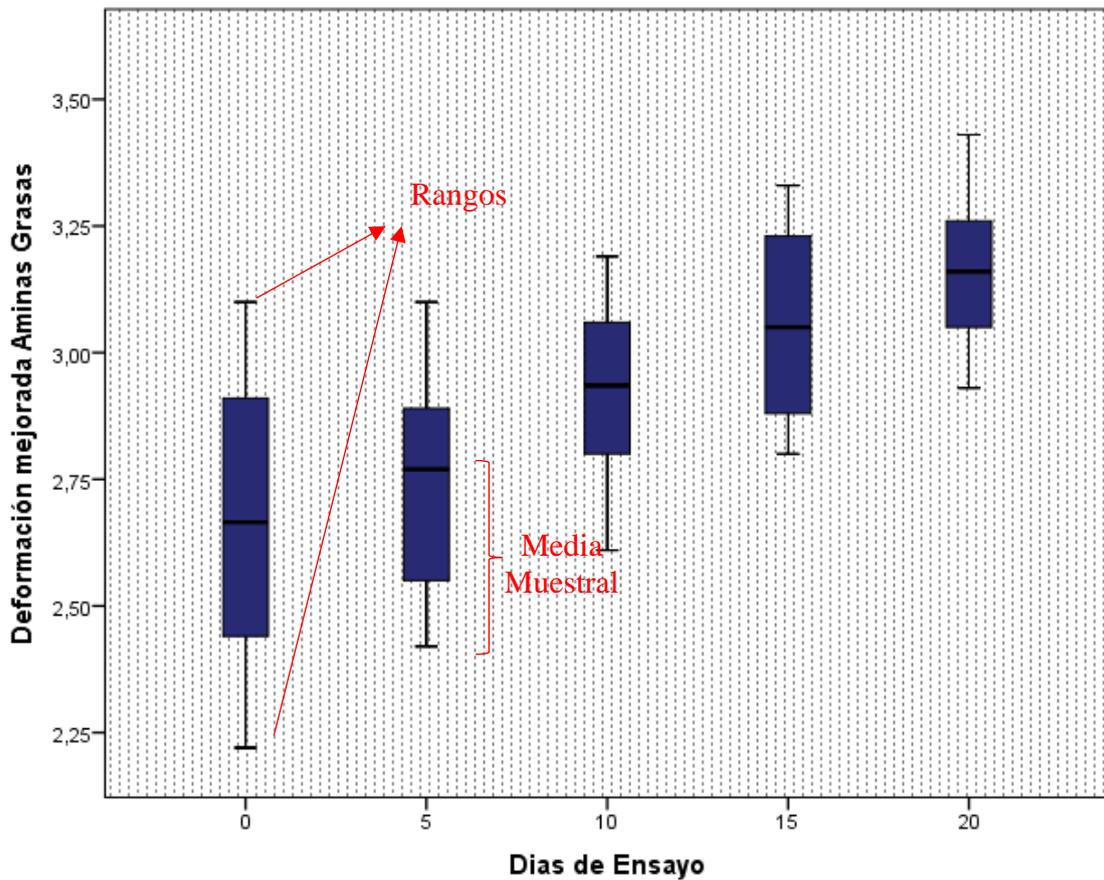


Figura 31: Diagrama de Bigotes – deformación Aminas Grasas

En la Figura 43 se observa que todos los datos se encuentran dentro de los rangos del diagrama de bigotes ya que este otorga límites que son obtenidos gracias a los datos obtenidos en el ensayo. En este caso los datos de estabilidad corregida no son rechazados, lo cual se puede interpretar como que los datos ingresados son aceptados para realizar el análisis estadístico respectivo.

Gráfico de días sumergido en agua de lluvia – Flujo

En la Figura 44 se procede a realizar la gráfica donde nos otorga una línea de tendencia donde disminuye el valor de la deformación (mm) a medida que las muestras pasan más tiempo expuestas a la humedad de agua de lluvia mejoradas con Aminas Grasas. La ecuación resultante permite hallar la deformación proyectada a cualquier cantidad de días requeridos a analizar.

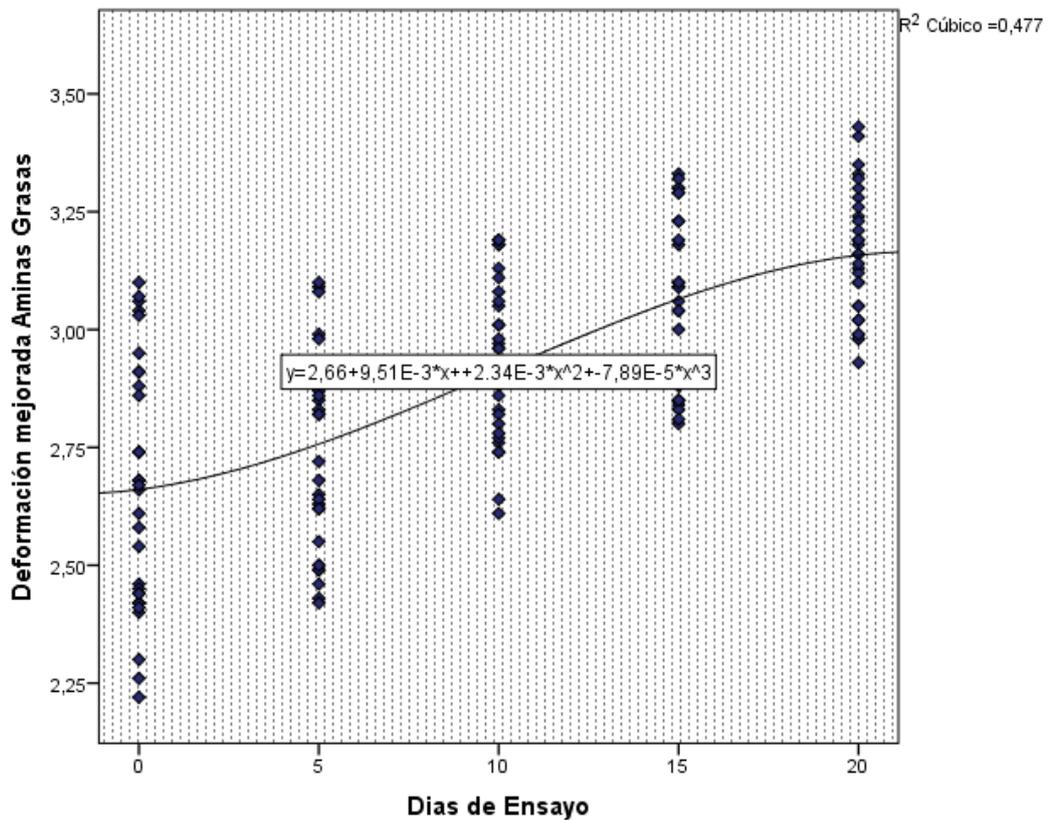


Figura 32: Deformación (mm) ensayados cada 5 días – Aminas Grasas

Adherencia en Bandeja – Días de Sumergido

Para realizar el análisis estadístico se abarco sobre la normalidad de datos encontrados los cuales se trabajaron mediante el programa SPSS para la determinación de los datos descriptivos de los valores de adherencia.

En la Tabla 32 se logra observar los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los datos de estabilidad y los días en que se rotura cada briqueta expuesta al agua de lluvia cada cinco días.

Tabla 32: Datos descriptivos de adherencia en bandeja - Días

Descriptivos					
	Días de Sumergido en agua		Estadístico	Error estándar	
Porcentaje de Adherencia (%)	Natural	Media	20,50	5,331	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,54	
			Límite superior	37,46	
		Media recortada al 5%	20,56		
		Mediana	21,00		
		Varianza	113,667		
		Desviación estándar	10,661		
		Mínimo	9		
		Máximo	31		
		Rango	22		
		Rango intercuartil	20		
		Asimetría	-,119	1,014	
		Curtosis	-4,575	2,619	
	0.3% Aminas Grasas	Media	71,75	,854	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	69,03	
			Límite superior	74,47	
		Media recortada al 5%	71,72		
		Mediana	71,50		
		Varianza	2,917		
		Desviación estándar	1,708		
Mínimo		70			
Máximo		74			
Rango		4			
Rango intercuartil		3			
Asimetría		,753	1,014		
Curtosis		,343	2,619		
0.5% Aminas Grasas	Media	73,50	1,323		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	69,29		
		Límite superior	77,71		

	Media recortada al 5%		73,56	
	Mediana		74,00	
	Varianza		7,000	
	Desviación estándar		2,646	
	Mínimo		70	
	Máximo		76	
	Rango		6	
	Rango intercuartil		5	
	Asimetría		-,864	1,014
	Curtosis		-,286	2,619
0.7% Aminas Grasas	Media		76,00	,913
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	73,09	
		Límite superior	78,91	
	Media recortada al 5%		76,00	
	Mediana		76,00	
	Varianza		3,333	
	Desviación estándar		1,826	
	Mínimo		74	
	Máximo		78	
	Rango		4	
	Rango intercuartil		4	
	Asimetría		,000	1,014
	Curtosis		-3,300	2,619

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar, en la Tabla 33 el análisis de los datos obtenidos observando si siguen una distribución normal para los datos de adherencia en bandeja. Se toma como base el programa estadístico SPSS, analizando por Kolmogorov - Smimov y por Shapiro - Wilk.

Tabla 33: Pruebas de normalidad en porcentaje de adherencia

Pruebas de normalidad

	Dias de Sumergido en agua	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de Adherencia (%)	Natural	,259	4	.	,893	4	,396
	0.3% Aminas Grasas	,192	4	.	,971	4	,850
	0.5% Aminas Grasas	,215	4	.	,946	4	,689
	0.7% Aminas Grasas	,208	4	.	,950	4	,714

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

En este caso se analizó los datos con la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk debido a que se cuenta con una cantidad de datos menor a 50. En la Tabla 33 se observa que el nivel de significancia (sig) menor es de 0.396 menor a 0.500. Los datos de número de días por porcentaje de adherencia indica normalidad de sus datos y simetría.

En las Figuras siguientes se observa la distribución anormal, con los cual se infiere que los datos son asimétricos. Estadísticamente el valor del nivel de significancia es $0.000 < 0.050$, donde se puede deducir que no existe una distribución normal para el porcentaje de aminas grasas empleadas.

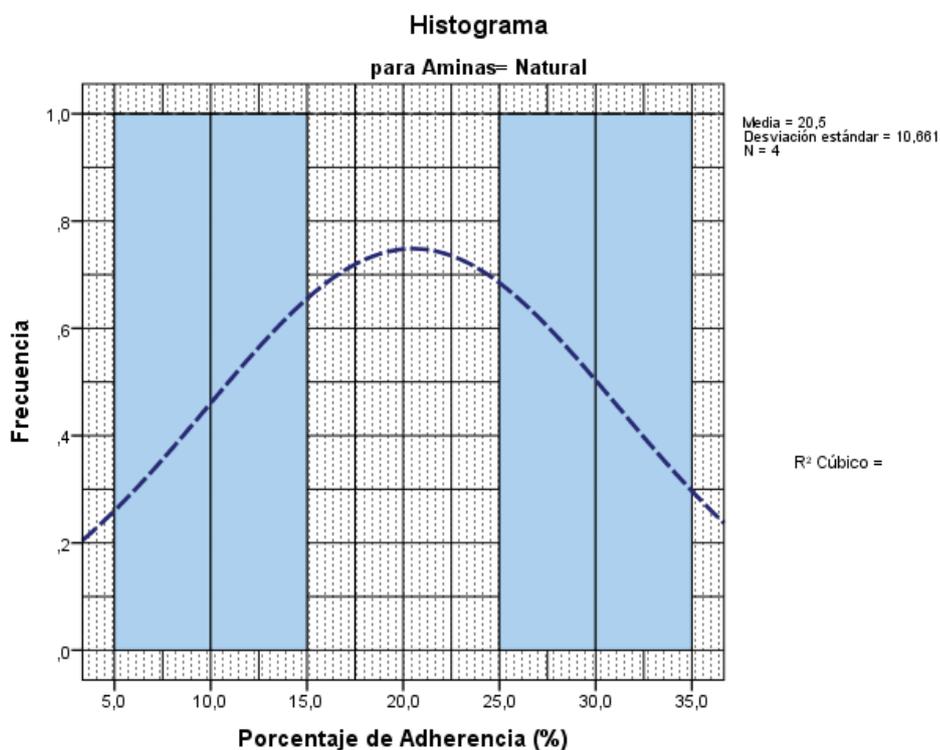


Figura 33: Curva de normalidad - muestra inalterada

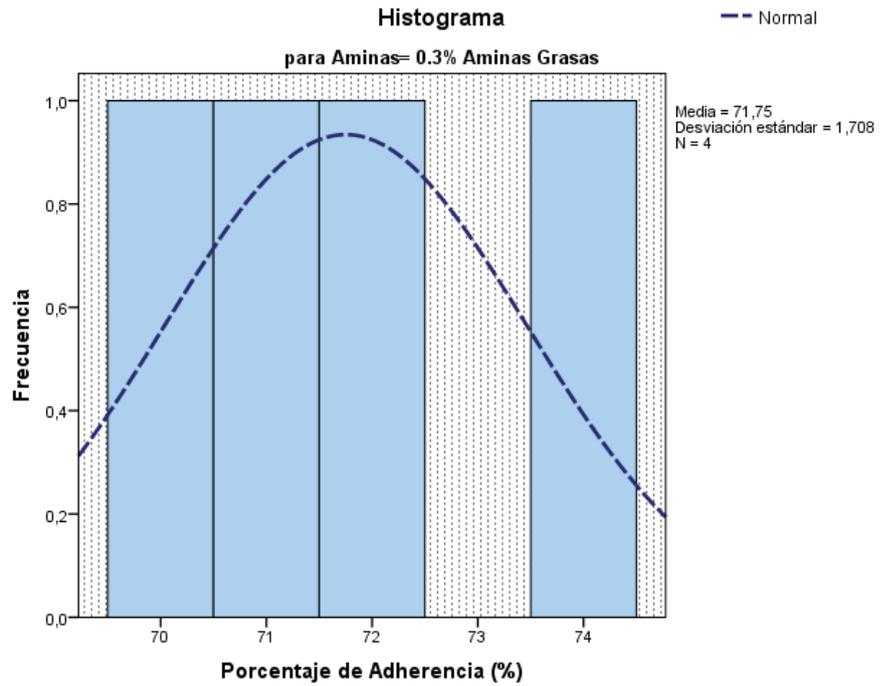


Figura 34: Curva de normalidad para muestra con 0.3 % Aminas Grasas

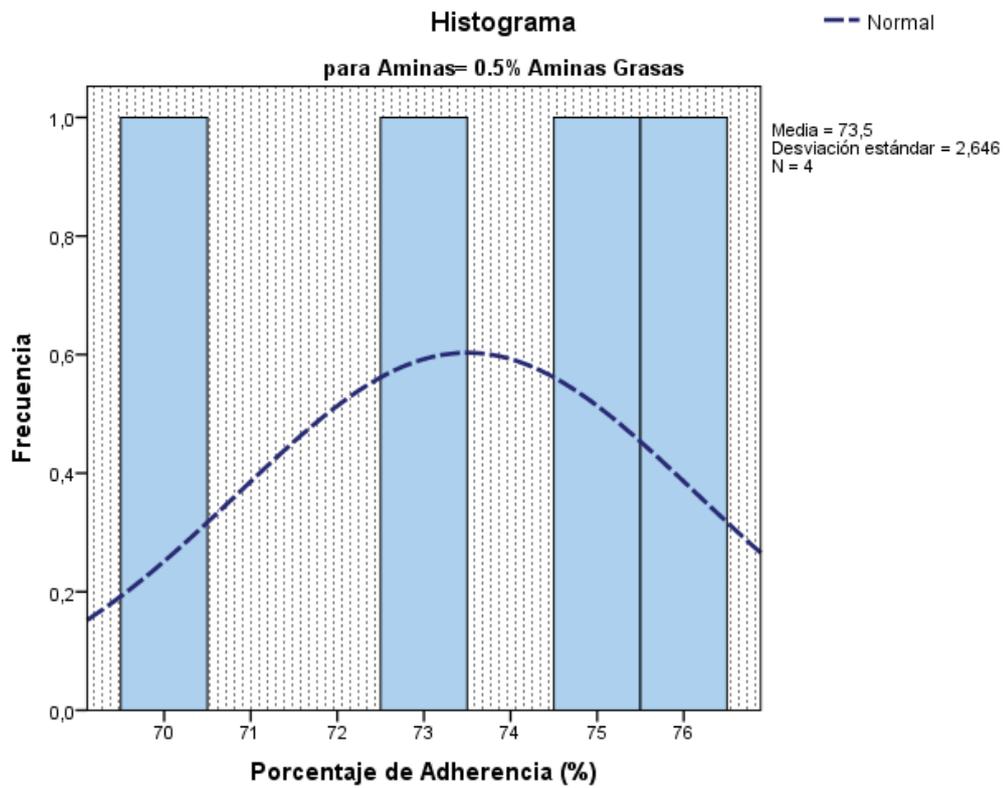


Figura 35: Curva de normalidad para muestra con 0.5 % Aminas Grasas

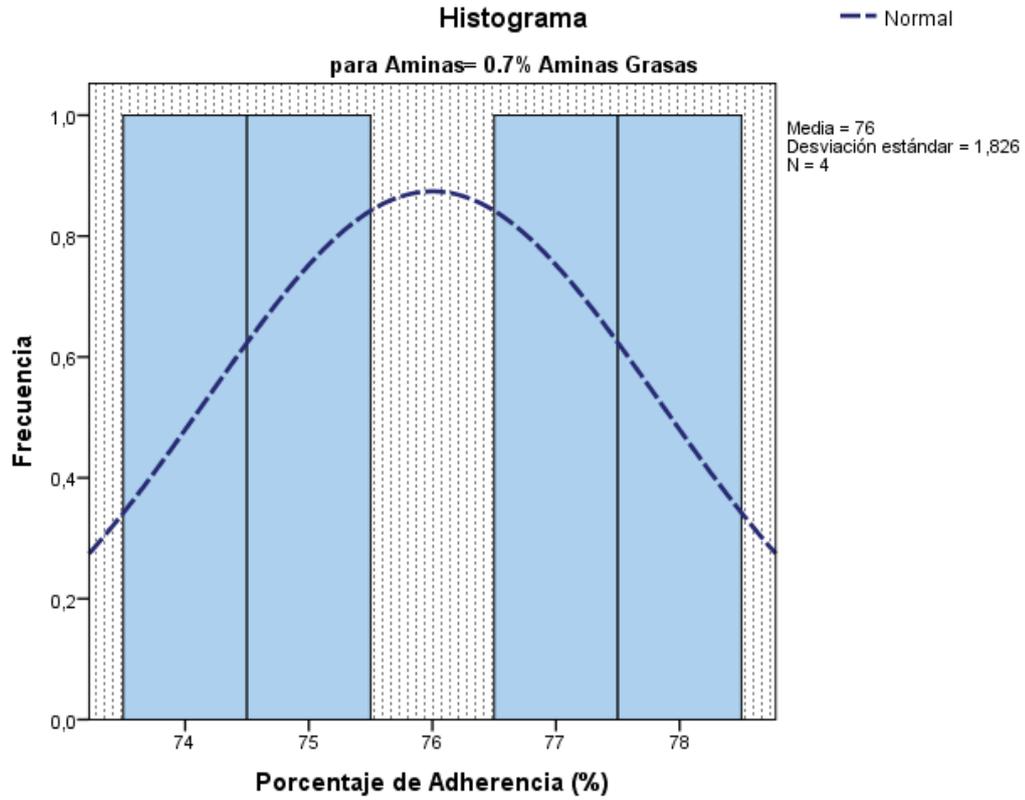


Figura 36: Curva de normalidad para muestra con 0.7 % Aminas Grasas

En la Figura 48 se observa que todos los datos se encuentran dentro de los rangos del diagrama de bigotes ya que este genera límites derivados de los datos obtenidos en el ensayo. En este caso los valores de porcentaje de adherencia no son rechazados, lo cual se interpreta como los datos ingresados son aceptados para realizar el análisis estadístico respectivo.

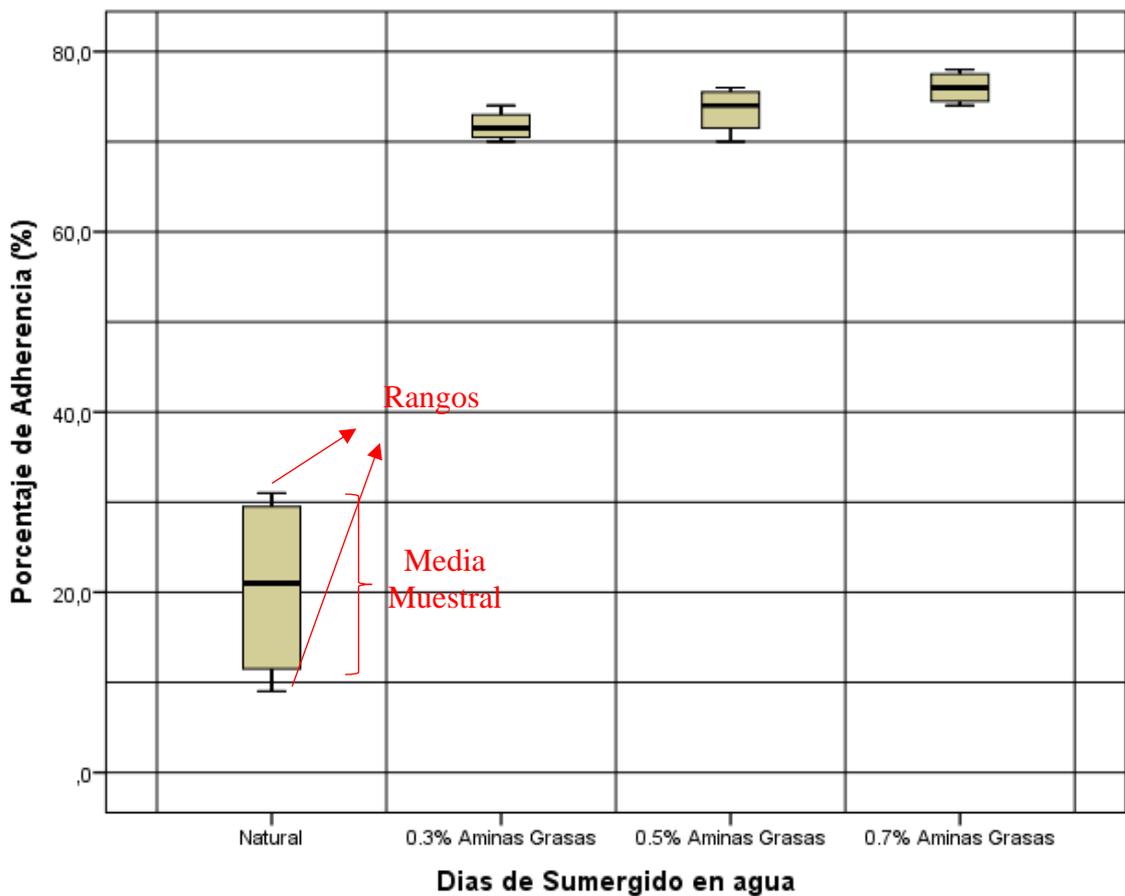


Figura 37: Diagrama de Bigotes del porcentaje de adherencia

Fuente: Elaboración propia

Estableciendo la distribución normal de los valores resultantes, lo cual indica si los datos son paramétricos o no paramétricos y con ello poder analizar la correlación entre las variables como son la adherencia y número de días sumergido en agua de lluvia. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Spearman donde plantea que:

Ho: $\rho = 0$ (No existe correlación entre el efecto días de sumergido y el porcentaje de adherencia evaluado)

Hi: $\rho \neq 0$ (Existe correlación entre el efecto días de sumergido y el porcentaje de adherencia evaluado)

Tabla 34: Tabla de Correlación de Spearman - Adherencia

Correlaciones			Días de Sumergido en agua	Porcentaje de Adherencia (%)
Rho de Spearman	Días de Sumergido en agua	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	1,000 . 16	,863** ,000 16
	Porcentaje de Adherencia (%)	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,863** ,000 16	1,000 . 16

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 34 se observa que la rho para Días es de 0.863 (Porcentaje de Adherencia) pues indica según la Tabla 35 que tiene una correlación considerable, teniendo en cuenta ello se puede analizar gráficamente las variables a través de rangos que indican que tan fuerte es la correlación. En este caso se cuenta con una correlación positiva muy fuerte, ya que se encuentra en el ítem de -0.76 y -0.90.

Tabla 35: Intensidad de correlación

ÍTEM	PROYECTO
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.70	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.90 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Gráfico de días sumergido en agua de lluvia – Adherencia en Bandeja

En la Figura 50 se observa una línea tendencia donde el valor de la Adherencia (%) presenta un aumento considerable a medida que se aumenta la proporción de aminas grasas a medida que las muestras pasan más tiempo expuestas a la humedad de agua de lluvia. La ecuación resultante permite hallar la estabilidad proyectada a cualquier cantidad de días requeridos a analizar.

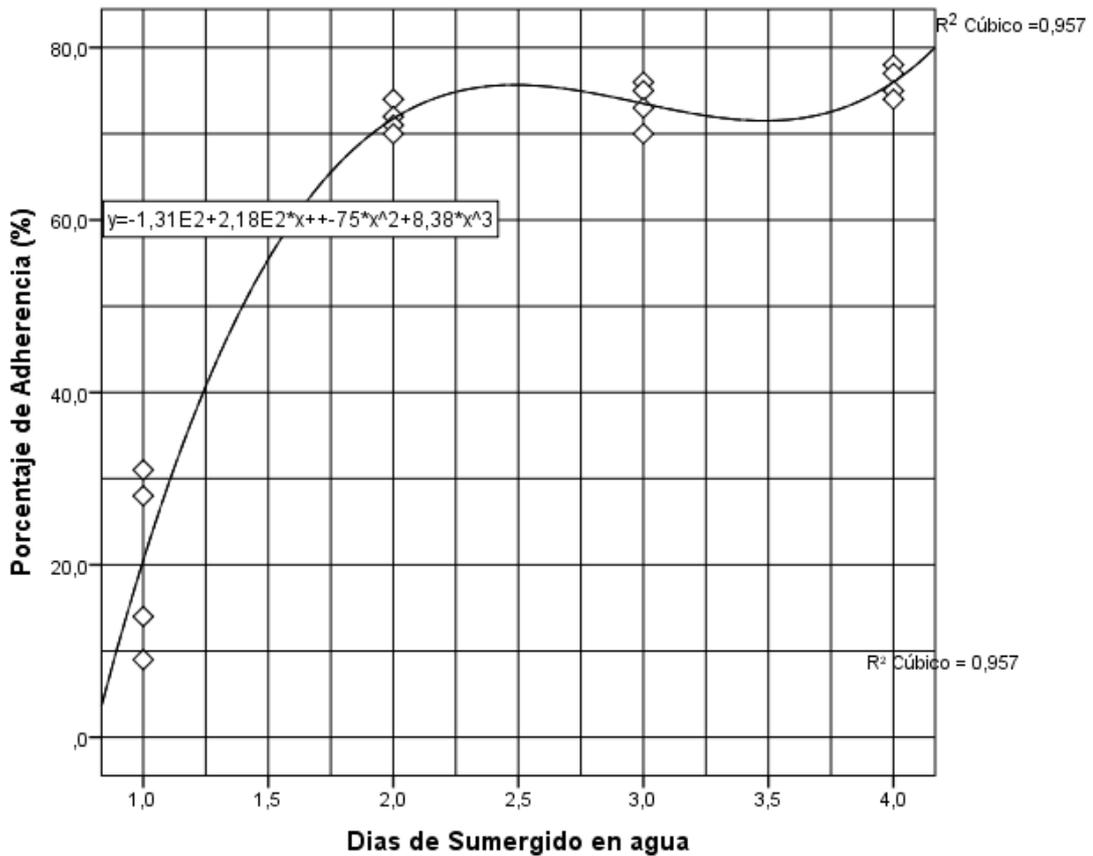


Figura 50: Días de Ensayo por Adherencia en bandeja

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presenta el análisis de la adición de aminas grasas como mejorador de adherencia ante la mezcla asfáltica convencional empleada, para mitigar el daño por humedad en lluvias:

Estabilidad

En la Figura 51 presenta la variación de estabilidad obtenida natural y alterada con la adición de aminas grasas. De esta manera podemos afirmar que la estabilidad aumenta significativamente con la adición de 0.7 % de adición de aminas grasas.

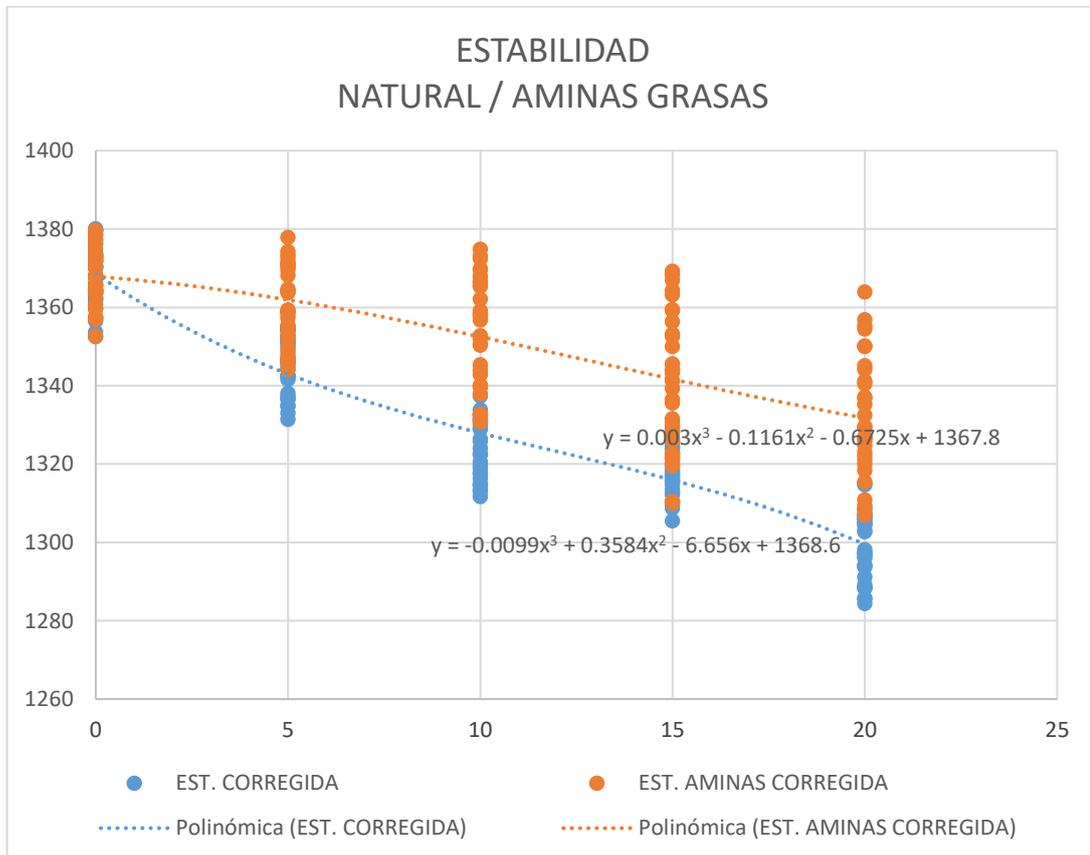


Figura 38: Estabilidad Natural/Aminas grasas

Fuente: Elaboración propia

Flujo

En la Figura 52 tenemos el análisis gráfico de la variación del flujo obtenida natural y alterada con la adición de aminas grasas. De esta manera podemos afirmar que la deformación presenta un ligero descenso con la adición de 0.7 % de adición de aminas grasas, pero manteniéndose dentro del rango de 2 mm. y 3,5 mm. Según los requisitos para mezcla bituminoso en el método de Marshall.

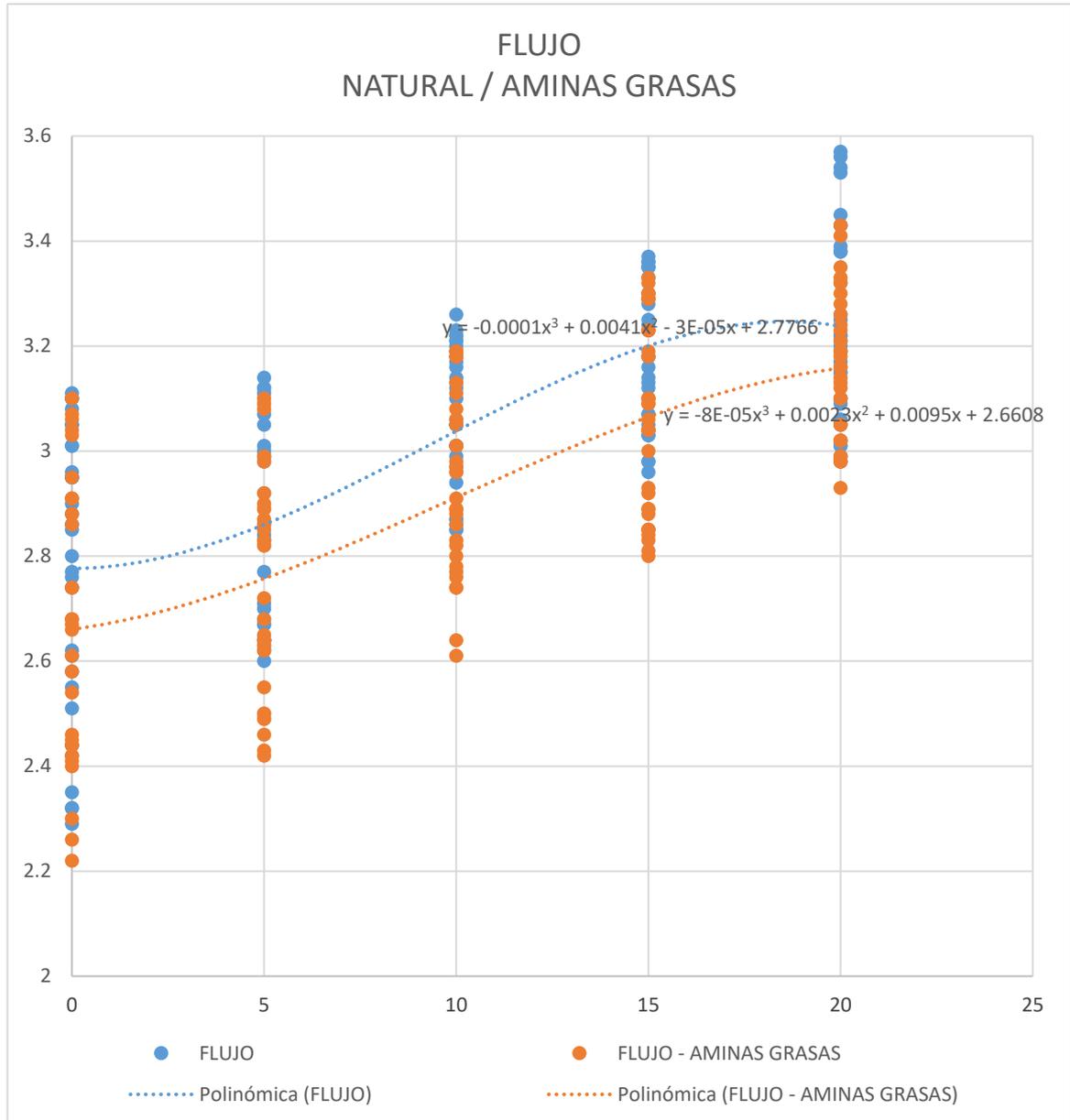


Figura 39: Estabilidad Natural / Aminas grasas

Fuente: Elaboración propia

Adherencia

En la Figura 53 se presenta la variación adherencia obtenida ante el análisis por cada día de exposición a la humedad. De esta manera podemos afirmar que la adherencia aumenta significativamente al emplear las aminos grasas como aditivo mejorador de adherencia. También podemos afirmar que la variación de adherencia no difiere significativamente ante la variación de porcentajes de adición de aminos grasas.

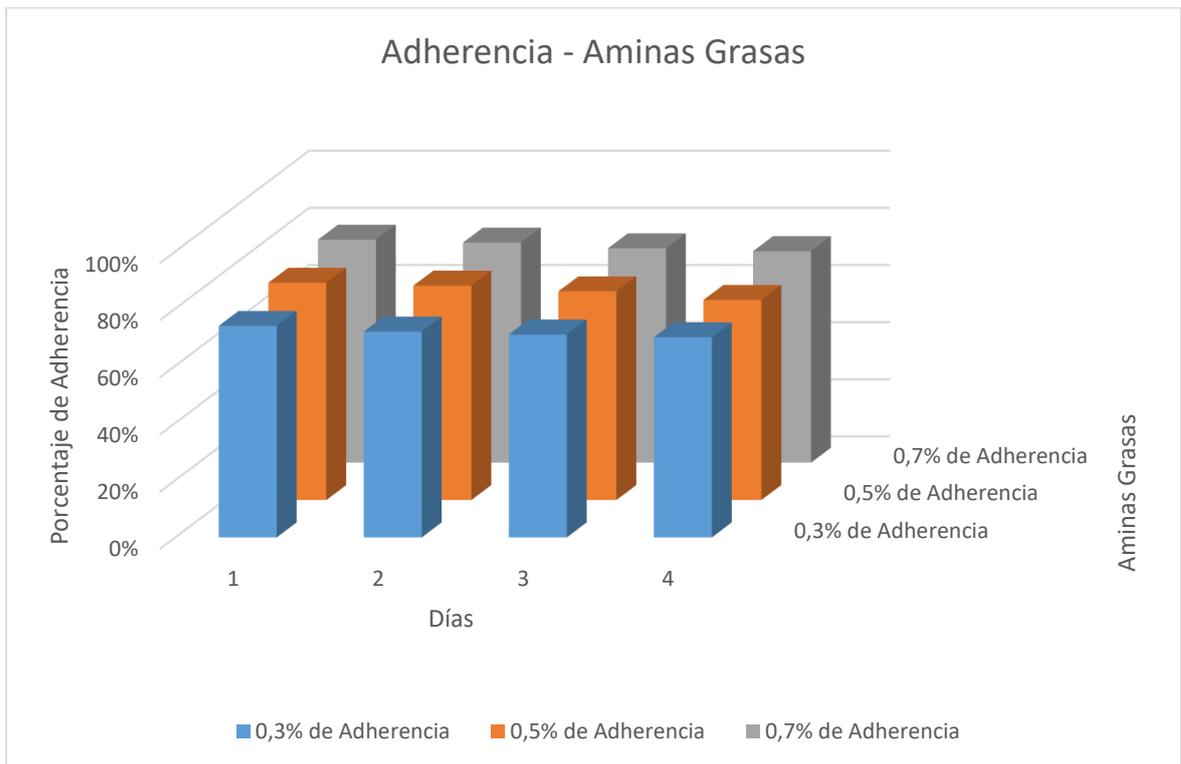


Figura 40: Adherencia Natural / Aminos grasas

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Las aminas grasas incrementan significativamente la adherencia contrarrestando la erosión del MAC por efecto de las lluvias en Huancayo. Por lo que se verificó que a condiciones naturales y expuesta a la saturación en agua por 4 días se obtiene un porcentaje máximo de adherencia del 31%. Así mismo al agregar las aminas grasas en 0.7% se obtiene un porcentaje de adherencia del 78% que representa una cantidad significativa en la adherencia producto del uso de las aminas grasas en el ensayo de adherencia en bandeja.
2. Las aminas grasas aumentan la estabilidad del MAC por efecto de lluvia. Así al agregar aminas grasas en un 0.7% en briquetas sumergidos por 20 días en agua de lluvia, el ensayo de Marshall dio como resultados una estabilidad mínima de 1315.06 kg-f y una máxima de 1356.91 kg-f, cifras que se encuentran por encima de 815 kg-f que es la estabilidad mínima requerido por el MTC E 504.
3. Las aminas grasas disminuyen el valor de la variación de flujo del MAC por lluvias, así se verificó que agregando aminas grasas con un 0.7% y sometiendo previamente al agua de lluvia durante 20 días se obtuvo como resultado de 3.06mm en briquetas a condiciones óptimas a una variación de flujo y de 2.93mm de variación de flujo en condiciones extremas de saturación; cumpliendo de esta manera el rango permitido de 2 a 3.5mm requerido por el MTC E 504.

RECOMENDACIONES

- 1) se recomienda que las empresas comercializadoras de asfalto en caliente incluyan en sus productos las aminas grasas como alternativa de mejorador de adherencia.
- 2) A partir de los resultados de esta investigación, se recomienda Los posteriores estudios sobre la estabilidad de la mezcla asfáltica con el uso de las aminas grasas debido a que tiene una gran importancia al momento de su diseño porque incrementa significativamente la estabilidad a la humedad a condiciones de saturación por precipitaciones pluviales.
- 3) Desde el punto de vista metodológico, se sugiere utilizar las técnicas de ensayo utilizados en este estudio a fin de obtener resultados de estabilidad mínima y valores de variación de flujo aceptables requeridos según las normas vigentes, a fin de solucionar el problema de la erosión de las mezclas asfálticas en caliente por efecto de lluvias.
- 4) Se recomienda tener como referencia la presente investigación como aporte para futuras investigaciones ya que este estudio tiene como aporte principal el uso de las aminas grasas que permiten disminuir el flujo en condiciones extremas de saturación de la mezcla asfáltica en caliente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- CASTAÑO FEDERICO, H. J. (2009). PAVIMENTO FLEXIBLES. BOGOTA, COLOMBIA.
- GONZALES CASTRO, A. O. (2011). ¿COMO APRENDER Y ENSEÑAR INVESTIGACION CIENTIFICA? HUANCVELICA, PERU.
- HECTOR L. DELBONO, O. R. (2013). AHUELLAMIENTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES . LA PLATA, ARGENTINA.
- HERNAN DE SOLMINIHAC, C. C. (2013). EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DEL PAVIMENTO DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCION. SANTIAGO, CHILE.
- Hé Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.
- Jimenez Paneque, R. (2002). *Metodología de la investigación*. Habana: Ciencia Médicas.
- JUGO, A. (2005). MANUAL DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES. CARACAS, VENEZUELA.
- NHI, N. H. (2013). DISEÑO DE SOBRECARPETTAS EN PAVIMENTOS EXISTENTE CURSO DEL INSITUTO NACIONAL DE CARRETERAS. LA PAZ, BOLIVIA.
- Osega Gago , D. (2011). *Aprender y enseñar investigacion científica*. Huancavelica: Juan Jose Ore.
- ROBERTO, S. H. (2014). METODOLOGIA INVESTIGACION. DISTRITO FEDERAL, MEXICO.
- Bautista Sanchez, Monica Andrea. 2012.** *Características del Asfalto en el comportamiento de Mezclas Asfálticas MDC-2 del INVIAS*. Bogota : Universidad Militar Nueva Granada, 2012.
- Crespin Molina, Rafael Alexander, Santa Cruz Jovel, Ismael Ernesto y Torres Linares, Pablo Alberto. 2012.** *Aplicacion del Metodo Superpave y granulometria*

Superpave en el Diseño de Mezcla Asfálticas en Caliente con Asfalto clasificación Grado de Desempeño. Salvador : Universidad de El Salvador, 2012.

Estrada Escalante, Victor Rafael. 2017. *Estudio y Analisis de desempeño de Mezcla Asfáltica convencional PEN 85-100 Plus y Mezcla Asfáltica Modificada con Polimero Tipo SBS PG 70-28*. Cusco : Universidad Andina de Cusco, 2017.

Flores, Dean Orestes Carrasco. 2014. *Estudio comprativo entre mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas con emulsiones tibias*. Piura : s.n., 2014.

Gonzalez Larrea, Sebastián. 2015. *Estado del arte en el estudio de la Adherencia entre el Asfalto y el Agregado Mineral*. Guayaquil : Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2015.

Hernandez Martinez, Oscar. 2014. *Comportamiento de las mezclas asfálticas a diferentes niveles de compactación*. Mexico D.F : s.n., 2014.

Huaman Guerrero, Nestor y Chang Albitres, Carlos. 2012. *La deformación permanente en las Mezclas Asfálticas y el consecuente deterioro de los Pavimentos Asfálticos en el Perú*. Peru : s.n., 2012.

Ibañez Aguilera. 2003. *USO DE EMULSIONES*. 2003.

INSTITUTO LATINOAMERICANO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS VIALES. 2015. *Congreso Nacional de Pavimentos Asfálticos. 1ER Congreso Nacional de Pavimentos Asfálticos*. Lima : s.n., 2015.

Manual de Carreteras"Especificaciones Técnicas Generales para construcción". 2013. 2013.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2013. *Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción - Manual de Carreteras EG-2013*. Lima : s.n., 2013.

—. **2013.** *MANUAL DE CARRETERAS - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima : s.n., 2013.

- . 2016. *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima : s.n., 2016.
- Miranda Rebolledo, Ricardo Javier.** 2010. *Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rigidos*. Valdivia : Universidad Austral de Chile, 2010.
- Morea, Francisco.** 2011. *Deformaciones permanentes en Mezclas Asfálticas*. La Plata : Universidad Nacional de La Plata, 2011.
- Moreno Chavez, Marcelo Andres.** 2011. *Efecto de la presencia de humedad en el comportamiento de Mezcla Asfáltica sometidas a ensayo de carga (Norma NLT-173/84)*. Santiago : s.n., 2011.
- Plaza Torralvo, Sara Catherine y Rincon Caicedo, Ginna Tatiana.** 2014. *Estudio de la susceptibilidad al daño por humedad de una Mezcla Asfáltica para rodadura utilizando asfalto 80-100 y su relacion con el desempeño en campo*. Bogota : s.n., 2014.
- Ramirez Montenegro, Marco Antonio.** 2015. *Optimizacion de las Mezclas Asfálticas en frio utilizando Asfalto liquido MC-30 y agregados de las canteras San Martin y Cerro Campana*. La Libertad : s.n., 2015.
- Universidad Nacional de Ingenieria.** 2006. *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*. Lima : Instituto de Construccion y Gerencia, 2006.
- Valeriano Turbo, Wilbert y Catacora Mendoza, Adhemir.** 2014. *Comportamiento del Diseño de Mezcla Asfáltica Tibia, con adicion de Zeolita para la Pavimentacion de la ciudad de Juliaca*. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2014.

ANEXOS

Anexo 1: Panel Fotográfico

Equipos y Herramientas

Figura 1: Horno, con termostato y circulación forzada de aire ± 1 °C



Figura 2: Balanza de 0.01 de precisión



Figura 3: Pedestal, base, molde y mordaza (Marshall)



Figura 4: Juego de tamices 1" – N° 200 (Tapa y fondo)



Figura 5: Pisón de compactado Normado (Marshall)



Figura 6: Mordaza (Marshall)



Figura 7: Prensa de Marshall (kg-f)



Figura 8: Dial de deformación (Marshall)



Figura 9: Taras



Figura 10: Canastilla (Peso específico)



Figura 11: Cocina Industrial



Figura 12: Equipo de baño maría $\pm 2^{\circ}\text{C}$



PROCESO DE CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICO - ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA

Selección de una muestra representativa del material por el método de cuarteo.



Figura 13: Tamizado de la muestra con las mallas de 1/2" y 3/8".



Figura 14: Obtención del material retenido en las mallas de 3/8".



Figura 15: Material retenido en la malla 3/8"



Figura 16: Lavado del material retenido en la malla de 3/8" para la eliminación de material fino.



Figura 17: Saturación por 24 horas del material separado.



Figura 18: Secado superficial del material saturado.



Figura 19: Material Saturado superficialmente seco.



Figura 20: Material Saturado superficialmente seco.



Figura 21: Asfalto a temperatura de $140 \pm 5 \text{ C}^\circ$



Figura 22: 30 gr. De Asfalto a $140 \pm 5 \text{ C}^\circ$



Figura 23: Nivelado del material asfáltico en bandeja.

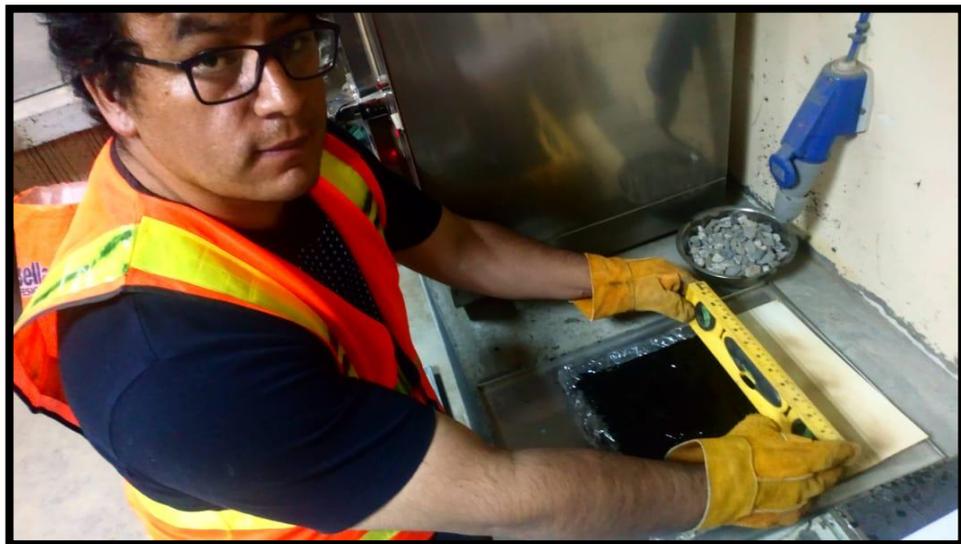


Figura 24: Nivelado del material asfáltico en bandeja.



Figura 25: Asfalto a temperatura de ambiente



Figura 26: Colocación del material saturado superficialmente seco en el asfalto unidad por unidad.



Figura 27: Culminación de la colocación del material en el asfalto.



Figura 28: Colocación de la muestra en el horno por 24 horas a temperatura de $60 \pm 5 \text{ C}^\circ$.



Figura 29: Colocación de la muestra en baño María a 55 ± 5 C° día 1.



Figura 30: Colocación de la muestra en baño María a 55 ± 5 C° día 2.



Figura 31: Colocación de la muestra en baño María a 55 ± 5 C° día 2.



Figura 32: Colocación de la muestra en baño María a 55 ± 5 C° día 2.



Figura 33: Colocación de la muestra en baño María a 55 ± 5 C° día 3.



Figura 34: Colocación de la muestra en baño María a 55 ± 5 C° día 4.



Figura 35: Colocación de la muestra en baño María a 25 ± 1 C° día 5.



Figura 36: Extracción de material granular con pinzas.



Figura 37: Extracción de material granular con pinzas.



Figura 38: Análisis visual del material granular con asfalto.



Figura 39: Aditivo utilizado en el ensayo de adherencia.



Ensayo de Marshall



Figura 40: Selección de material fino a emplear



Figura 41: Selección de material grueso a emplear



Figura 42: Se vierte cada agregado en los tamices determinados



Figura 43: Se tamizan y caracteriza cada material, para obtener un diseño de mezcla



Figura 44: Se obtiene el diseño de mezcla



Figura 45: Se Procede a mezclar los agregados según diseño de mezcla



Figura 46: Se calienta los agregados a 160 °C



Figura 47: Se calienta el PEN 85-100 a 160 °C

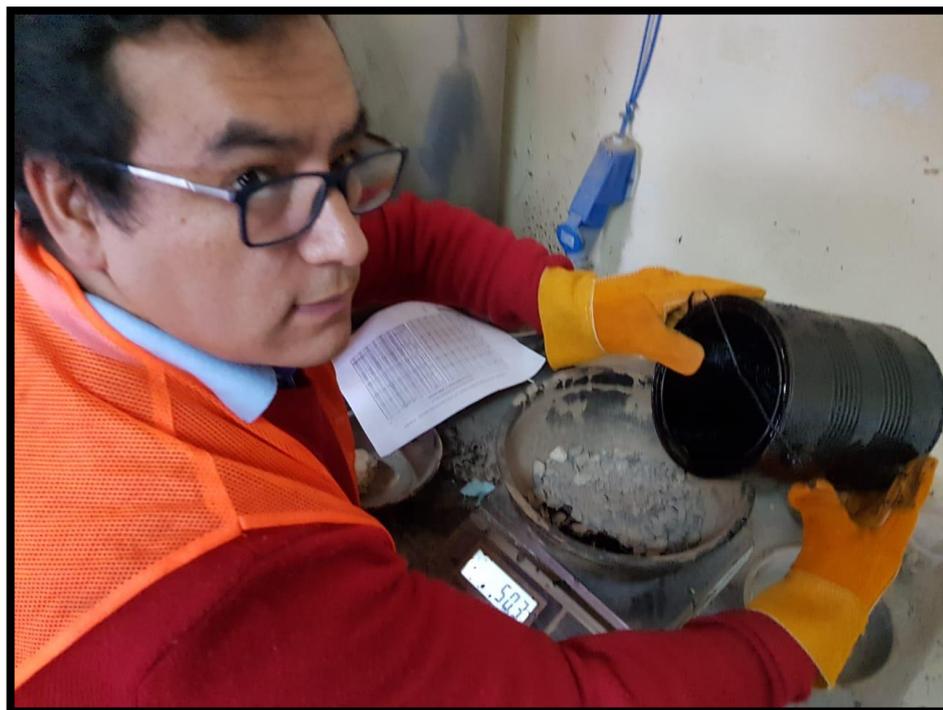


Figura 48: Se completa la composición de la briqueta con el PEN 85 -100 a 160 °C



Figura 49: Se combinan los materiales en una mezcla uniforme a 160 °C



Figura 50: Antes de proceder a compactar se verifica la temperatura a 160 °C con ayuda del termómetro.



Figura 51: Con la mezcla a 160 °C, se vierte la mezcla al molde y se asegura con ayuda del pedestal



Figura 52: Una vez vertida la mezcla en el molde se procede con el achurado a 15 golpes en los bordes y 10 golpes al centro.



Figura 53: Se procede a compactar la mezcla a 75 golpes.



Figura 54: Se repite el compactado a 75 golpes volteando la briqueta a su segunda cara.



Figura 55: Se deja enfriar la muestra a temperatura ambiente



Figura 56: Una vez fría la briqueta se procede al desencofrado con la ayuda de

gata hidráulica.



Figura 57: toma su peso específico, tomando en principio su peso



saturado.

Figura 58: Se seca superficialmente la briqueta y se toma el peso superficialmente seco.



Figura 59: Se toma el peso seco de la briqueta



Figura 60: Se obtiene las briquetas a ensayar



Figura 61: Se dejan remojando según el tiempo de estudio requerido en agua pluvial



Figura 62: Listas para ensayar se sumergen en agua a 60 °C por 30 minutos cada briqueta



Figura 63: Se somete cada briqueta a la prensa de Marshall



Figura 64: Se ensaya cada briqueta tomando los valores de resistencia y deformación.



Figura 65: Se obtiene la briqueta en su estado de deformación por la carga sometida



Figura 66: Se repite el proceso por cada briqueta a ensayar

MATRIZ DE CONSISTENCIA

AMINAS GRASAS COMO MEJORADOR DE ADHERENCIA PARA CONTRARRESTAR LA EROSION DEL MAC POR LLUVIA HUANCAYO 2018

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>¿Cómo las aminas grasas influyen en la adherencia para contrarrestar la erosión de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia?</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cómo las aminas grasas influyen la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia?</p> <p>¿Como las aminas grasas influyen en el flujo de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia?</p>	<p>Determinar que las aminas grasas influyen en la adherencia para contrarrestar la erosión de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar la influencia de las aminas grasas en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia</p> <p>Establecer el aporte de las aminas grasas en la variación del flujo de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia.</p>	<p>Las aminas grasas incrementan significativamente en la adherencia para contrarrestar la erosión de la mezcla asfáltica en caliente por lluvia.</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>Las aminas grasas aumentan la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente.</p> <p>Las aminas grasas reducen la variación de flujo de la mezcla asfáltica en caliente.</p>	<p>DEPENDIENTE</p> <p>Mezcla asfáltica en caliente</p> <p>INDEPENDIENTE</p> <p>Aminas grasas</p>	<p>VD</p> <p>Adherencia</p> <p>Estabilidad</p> <p>Flujo</p> <p>VI</p> <p>0.3%</p> <p>0.5%</p> <p>0.4%</p>	<p>TIPO</p> <p>Aplicada</p> <p>NIVEL</p> <p>Pre Experimental.</p> <p>DISEÑO</p> <p>Experimental</p> <p>POBLACIÓN</p> <p>Pavimentos flexibles</p> <p>MUESTRA</p> <p>150 briquetas</p>