



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE GRADUACION

**“ESTUDIO DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS, CLASIFICACION, APLICACIÓN Y
CONTROL DE CALIDAD, UTILIZADAS EN EL SALVADOR”.**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

CARLOS JAVIER VALLE REYES

STEVE ROJAS ESCOBAR

EMERSON OTONIEL HERNÁNDEZ BONILLA

SANTA TECLA, AGOSTO 2025



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

DR. FRANCISCO ALFREDO CARRILLO LARREYNAGA
RECTOR

ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA
VICE-RECTOR

ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL

LIC. CARLOS ALBERTO COCA MUÑOZ
FISCAL

ING. OBDULIO ADALBERTO CALVO
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

ING. OBDULIO ADALBERTO CALVO
DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

SANTA TECLA, AGOSTO 2025



ASESOR DE DOCUMENTO DE TESIS.

ING. FRANKLIN ENRIQUE BARRERA

JURADO EVALUADOR.

ING. LUIS ALFREDO ALVARENGA TEJADA

ING. ANTONIO ESTRADA HERNÁNDEZ

ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA

SANTA TECLA, AGOSTO 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL QUINIENTOS

A las diecisiete horas del viernes veintitrés de agosto de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por CARLOS JAVIER VALLE REYES en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

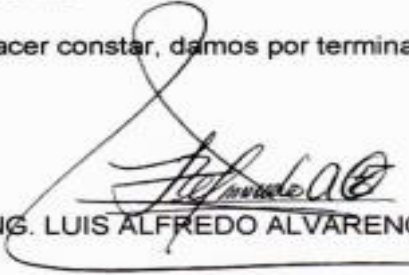
"ESTUDIO DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS, SU CLASIFICACIÓN, APLICACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, UTILIZADAS EN EL SALVADOR."

Se dio por aprobada, la parte escrita.

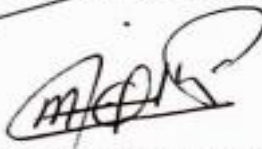
SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

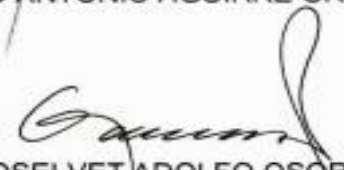
De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de OCHO PUNTO CERO (8.0), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO CIVIL

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.


ING. LUIS ALFREDO ALVARENGA TEJADA


ING. ANTONIO ESTRADA HERNANDEZ


ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA


ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL QUINIENTOS UNO

A las diecisiete horas del miércoles veinte de agosto de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por STEVE ROJAS ESCOBAR en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

"ESTUDIO DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS, SU CLASIFICACIÓN, APLICACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, UTILIZADAS EN EL SALVADOR."

Se dio por aprobada, la parte escrita.

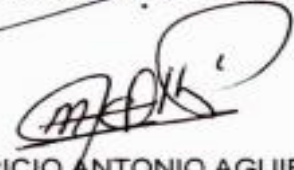
SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

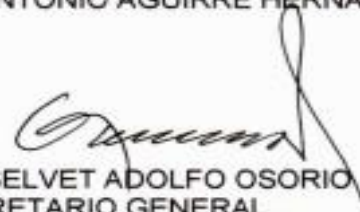
De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de ~~SETE~~ ~~UNTO~~ ~~SETE~~ (7), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO CIVIL

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.


ING. LUIS ALFREDO ALVARENGA TEJADA


ING. ANTONIO ESTRADA HERNANDEZ


ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE HERNANDEZ


ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL QUINIENTOS DOS

A las diecisiete horas del miércoles veinte de agosto de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por EMERSON OTONIEL HERNANDEZ BONILLA en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

"ESTUDIO DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS, SU CLASIFICACIÓN, APLICACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, UTILIZADAS EN EL SALVADOR."

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de SIETE PUNTO SEIS (7.6), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO CIVIL

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.



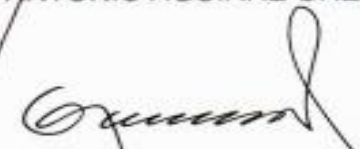
ING. LUIS ALFREDO ALVARENGA TEJADA



ING. ANTONIO ESTRADA HERNANDEZ



ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA



ING. ROOSELVE ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



AGRADECIMIENTOS

A Dios que nos ha dado vida, salud y sabiduría para poder estudiar en la universidad, agradecemos a todas las personas que estuvieron a nuestro lado brindándonos apoyo y su conocimiento en este trabajo de graduación.

A nuestro asesor Franklin Enrique Barrera, que nos brindó de su ayuda y tiempo para atendernos, guiarnos y hacer correcciones en nuestro trabajo de graduación desde que iniciamos hasta poder terminarlo.

A la empresa CATECO S.A. DE CV. Por permitirnos usar el laboratorio para poder hacer los ensayos a la emulsión asfáltica y por permitirnos acercarnos en los diferentes proyectos en campo para poder ver cómo era la aplicación.

A la Universidad Técnica Latinoamérica, por instruirnos a ser personas éticas y de bien para la sociedad y contribuir en nuestra formación profesional en la facultad de Ingeniería Civil.

Muchas gracias.

Carlos Javier Valle Reyes

Steve Rojas Escobar

Emerson Otoniel Hernández Bonilla

DEDICATORIA

Dar las gracias tiene un significado enorme por algún tipo de bien o favor recibido, representa la gratitud sincera expresada en pequeñas palabras, es por ello que en esta ocasión quiero manifestar mi agradecimiento por este gran logro que he obtenido.

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de estudiar la carrera de ingeniería civil, gracias por haberme brindado salud, entendimiento y fuerzas para avanzar día con día a lo largo de muchos años; Por crear momentos oportunos para aprender tanta información y por colocar a todas las personas en el camino, que de alguna manera ayudaron a que mi objetivo se hiciera realidad. No quiero olvidarme de agradecer por haberme permitido continuar los estudios a pesar de la gran crisis sanitaria global que se originó en el lapso de estudio, como lo fue la pandemia del COVID19, gracias por protegerme de la enfermedad y por darme ánimos para no detener mi gran objetivo.

Le agradezco a mi familia y amigos, por impulsar mis ánimos para continuar el recorrido de estudio, gracias por los consejos que me brindaron y por ayudarme con el desarrollo de diversas actividades cuando mi tiempo y fuerzas estaban muy bajo de espíritu.

Gracias a los docentes, que en el transcurso de los 5 años brindaron su conocimiento a todos los estudiantes, gracias por la paciencia que tuvieron para enseñar, por la disciplina que demostraron y que muchas veces nos costó aceptar pero que era parte del desarrollo del perfil para ser un profesional excelente.

Y por último quiero agradecer a mí mismo, por tener la valentía de estudiar a pesar de las adversidades económicas, de la distancia para asistir a clases, de los regaños en el trabajo por realizar tareas de estudio; gracias por tener el coraje de no rendirte cuando todo parecía no tener salida, por soportar el estrés de estudiar y trabajar, por los desvelos constantes para cumplir las tareas de estudio, gracias por mantener la fe y confianza para no desfallecer a lo largo de tantos años.

Carlos Javier Valle Reyes

DEDICATORIA

Al padre al Hijo y al Espíritu santo, que me ha dado salud y fuerzas para mantenerme en su camino, poder hacer lo correcto y poder cumplir un objetivo más en mi vida.

A mi madre María Antonia Escobar Rodríguez y mi padrastro Rolando Antonio Escobar Gonzales que lo quiero como si fuera mi padre porque me han paciencia en este tiempo que estuve estudiando mis años universitarios, también por apoyarme económicamente y darme todos los días un hogar al cual poder regresar, a mi hermano Rolando Antonio Escobar Escobar por demostrarme que cuando uno se propone un objetivo o una meta podemos cumplirlo con trabajo inteligente y duro.

A mi familia, que siempre confiaron en que, si lo podía lograr, por los buenos consejos y apoyarme en los buenos y malos momentos.

Gracias a todos los compañeros que conocí en la universidad, sé que muchos pasamos momentos difíciles, pero los pudimos superar y agradecimientos especiales a mis compañeros de trabajo de graduación con los cuales he aprendido en gran manera en el área de Ing. Civil.

Steve Rojas Escobar

DEDICATORIA

En primer lugar, le doy las gracias a dios por haberme permitido culminar unas de mis metas en mi vida, por la sabiduría que me dio a mí y a mis compañeros para lograr los objetivos y metas que nos propusimos durante toda la carrera y fase final de ella.

A mi madre Alejandra bonilla de Hernández y a mi padre Arturo Hernández cruz por el apoyo que me brindaron en los buenos y malos momentos, por haberme ayudado económicamente y mentalmente durante todos estos años no solo de la carrera sino de toda mi vida, ya que ellos me mostraron que nada en la vida es fácil y que ay que luchar por las metas y que aun que nos vaya mal, siempre hay que seguir adelante, también me mostraron que cada tropiezo en la vida es una nueva experiencia, de la cual hay que aprender.

A mi familia que también me apoyaron en especial mis tías Aminta Bonilla y Enriqueta Bonilla que siempre estuvieron ahí apoyándome, que cuando yo más necesite ayuda ellas me mostraron que podía confiar en ellas para lo que fuera, durante la carrera y durante mi vida siempre he tenido su apoyo, así como también de los mis otros familiares.

A mis compañeros y amigos de tesis con los que he aprendido mucho de la carrera y el área de la ingeniería civil, por la paciencia que me han tenido durante todo el proceso del trabajo de graduación y por compartir sus conocimientos con mi persona muchas gracias.

Emerson Otoniel Hernández Bonilla.

INDICE

INTRODUCCION	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 TÍTULO DESCRIPTIVO DEL ESTUDIO O INVESTIGACIÓN.....	3
“ESTUDIO DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS, CLASIFICACION, APLICACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD UTILIZADAS EN EL SALVADOR”.	3
1.2 ANTECEDENTES Y/O GENERALIDADES DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.6 ALCANCES DEL PROYECTO	6
1.7 LIMITANTES	8
1.8 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.9 OBJETIVOS.....	9
1.9.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
1.9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.10 MARCO DE REFERENCIA	10
1.10.1 FUNDAMENTOS SOCIO-ECONÓMICOS	10
1.10.2 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y TEÓRICOS.....	11
1.10.3 FUNDAMENTOS NORMATIVOS, JURÍDICOS, MEDIOAMBIENTALES E HISTÓRICOS	11
1.11 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	12
1.11.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	12
1.11.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	13

1.11.2.1 HIPÓTESIS ESPECIFICA NO.1.....	13
1.11.2.2 HIPÓTESIS ESPECIFICA NO.2.....	13
1.11.2.3 HIPÓTESIS ESPECIFICA NO.3.....	13
1.11.3 OPERACIONALIZACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA.....	13
1.12 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.12.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.12.2 POBLACIÓN Y MUESTRA EN ESTUDIO	16
1.12.3 DISEÑO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	16
1.12.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN	17
CAPITULO II:	18
MARCO CONCEPTUAL	19
2.1 HISTORIA DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS.....	19
2.1.1 COMPONENTES DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.	20
2.1.2 FABRICACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.	23
2.1.2.1 EQUIPO DE ELABORACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.	24
2.1.2.2 PROCESO DE EMULSIFICACIÓN.....	24
2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	26
2.2 USOS DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.	30
2.2.1 VENTAJAS EN CUANTO A LOS USOS DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.	30
2.2.2 CLASIFICACIÓN Y TIPO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS SEGÚN SU USO.	32
2.2.3 ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.	33
2.2.4 APLICACIONES EN EL SALVADOR DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	33
2.2.5 DISEÑOS DE MEZCLAS CON AGREGADOS Y EMULSIONES ASFÁLTICAS, COMO EL MAYOR USO EN EL PAÍS.	35

2.2.6	DISEÑOS DE EMULSIONES MODIFICADAS.	37
2.2.7	EL USO DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS EN LOS RECICLADOS DE PAVIMENTOS.	40
2.2.8	TIPOS DE RECICLADOS DE PAVIMENTOS ASFALTICOS CON EL USO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.	40
CAPITULO III:.....		43
INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....		43
3.1	ENSAYOS A LAS EMULSIONES ASFALTICAS.	44
3.1.1	TOMA DE MUESTRAS DE EMULSIONES ASFÁLTICAS BAJO LA NORMATIVA ASTM D 140 -16 (STANDARD PRACTICE FOR SAMPLING ASPHALT MATERIALS).....	44
3.1.2	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA.....	44
3.1.2.1	MUESTREO DE MATERIALES.....	45
3.2	REALIZACION DE ENSAYOS EN LABORATORIO BAJO LA ESPECIFICACION ASTM D2397-20 PARA EMULSIONES CSS-1H Y CRS-2H.....	46
3.2.1	ENSAYO DE VISCOSIDAD POR MEDIO DEL VISCOSÍMETRO DE PALETAS, BAJO LA NORMATIVA ASTM D 7226.	49
3.2.2	ENSAYO DE ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS BAJO LA NORMATIVA ASTM D6930.....	50
3.2.3	ENSAYO DE RESIDUO ASFALTICO POR EVAPORACIÓN BAJO NORMATIVA ASTM D6934.....	52
3.2.4	ENSAYO DE RESIDUO ASFALTICO POR DESTILACIÓN ASTM D 699753	
3.2.5	ENSAYO DE PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSIÓN A 25°C ASTM D 6937.....	54
3.2.6	ENSAYO DE MEZCLA DE CEMENTO ASTM D 6935.....	55
3.2.7	ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD DE EMULSIONES ASFÁLTICAS ASTM D 6936.....	56

3.3	ENSAYOS AL RESIDUO ASFALTICO.....	57
3.3.1	ENSAYO DE PENETRACIÓN BAJO NORMATIVA ASTM D 5.....	57
3.3.2	ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO BAJO LA NORMATIVA ASTM D36 (ANILLO Y BOLA).....	58
3.3.3	ENSAYO DE DUCTILIDAD DE ASFALTO BAJO LA NORMATIVA ASTM D113.....	60
3.4	REALIZACION DE ENSAYOS EN LABORATORIO BAJO LA ESPECIFICACION AASHTO M316 PARA EMULSIONES CSS-1HP Y CQS-1HP, DEBIDO A QUE SON MODIFICADAS CON POLIMEROS SE ANALIZAN BAJO ESTA ESPECIFICACION....	62
3.4.1	ENSAYO DE VISCOSIDAD POR MEDIO DEL VISCOSÍMETRO DE PALETAS, BAJO LA NORMATIVA ASTM D 7226.	64
3.4.2	ENSAYO DE ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS BAJO LA NORMATIVA ASTM D 6930.....	65
3.4.3	ENSAYO DE RESIDUO ASFALTICO POR EVAPORACIÓN BAJO NORMATIVA ASTM D 6934.....	66
3.4.4	ENSAYO DE RESIDUO ASFALTICO POR DESTILACIÓN BAJO NORMATIVA ASTM D 6997.....	68
3.4.5	ENSAYO DE PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSIÓN A 25°C ASTM D 6937.....	69
3.5	ENSAYOS AL RESIDUO DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS MODIFICADAS.	70
3.5.1	ENSAYO DE RECUPERACIÓN ELÁSTICA BAJO NORMATIVA ASTM D 6084.....	70
3.5.2	ENSAYO DE PENETRACIÓN BAJO NORMATIVA ASTM D 5.....	71
3.5.3	ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO BAJO LA NORMATIVA ASTM D 36 (ANILLO Y BOLA).....	72
3.6	APLICACIONES EN EL SALVADOR DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.	74
3.6.1	PRUEBA CON EMULSIÓN CSS-1H	74

3.6.2	PRUEBA CON EMULSIÓN CSS-1HP	75
3.6.3	RIEGO DE LIGA.	76
3.6.4	APLICACIÓN DE RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON CSS-1H	77
3.6.5	MICROSURFACING (MICROPAVIMENTO)	78
3.7	TABLA DE PRECIOS DE EMULSIONES ASFALTICAS ACTUALIZADAS AL MES DE AGOSTO 2025.....	79
CAPITULO IV:		80
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		81
4.1	INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE DATOS DE RESULTADOS A LAS MUESTRAS DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	81
4.2	ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EMULSION CSS-1H (CATIONIC SLOW SETTING)	81
4.2.1	ENSAYOS AL RESIDUO ASFALTICO (ASFALTO) PRODUCTO DEL RESIDUO POR DESTILACIÓN.....	82
4.3	ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EMULSION CSS-1HP (CATIONIC SLOW SETTING POLYMERE).....	83
4.3.1	ENSAYOS AL RESIDUO ASFALTICO (ASFALTO) PRODUCTO DEL RESIDUO POR DESTILACIÓN.....	84
4.4	ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EMULSION CQS-1HP (CATIONIC QUICK-SETTING POLYMER).	85
4.4.1	ENSAYOS AL RESIDUO ASFALTICO (ASFALTO) PRODUCTO DEL RESIDUO POR DESTILACIÓN.....	86
4.5	ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EMULSION CRS-2H (CATIONIC RAPID-SETTING)	87
4.5.1	ENSAYOS AL RESIDUO ASFALTICO (ASFALTO) PRODUCTO DEL RESIDUO POR DESTILACIÓN.....	89
CAPITULO V:.....		90

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
5.1 CONCLUSIONES	91
5.2 RECOMENDACIONES	93
5.3 BIBLIOGRAFÍA.....	95
ANEXOS	97
GLOSARIO TECNICO	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de hipótesis	14
Tabla 2. Clasificación de las emulsiones asfálticas.	28
Tabla 3. Clasificación según tamaño de la partícula.....	29
Tabla 4. Clasificación general de una emulsión.	32
Tabla 5. Prueba de Tamiz para CSS-1H	48
Tabla 6. Prueba de Tamiz para CRS-2H.....	49
Tabla 7. Viscosidad de CSS-1H.....	50
Tabla 8. Viscosidad de CRS-2H	50
Tabla 9. Estabilidad a 24 Hr de CSS- 1H	51
Tabla 10. Estabilidad a 24 Hr de CRS-2H.....	51
Tabla 11. Residuo por evaporación de CSS-1H	52
Tabla 12. Residuo por evaporación de CRS-2H.....	53
Tabla 13. Residuo por destilación de CSS-1H.....	53
Tabla 14. Residuo por destilación de CRS-2H	53
Tabla 15. Ensayo de densidad de CSS-1H.....	54
Tabla 16. Ensayo de densidad de CRS-2H	55
Tabla 17. Ensayo de Mezcla de Cemento	56
Tabla 18. Ensayo de Demulsibilidad de CRS-2H.....	56
Tabla 19. Ensayo de penetración de CSS-1H	58
Tabla 20. Ensayo de Penetración de CRS-1H	58
Tabla 21. Ensayo de punto de reblandecimiento de CSS-1H	59
Tabla 22. Ensayo de Punto de Reblandecimiento de CRS-1H.....	60
Tabla 23. Ensayo de ductilidad de una emulsión CSS-1H	62
Tabla 24. Ensayo de ductilidad de emulsión CRS-1H.....	62
Tabla 25. Prueba de Tamiz para emulsión CSS-1HP	63
Tabla 26. Prueba de Tamiz de emulsión CQS-1HP.....	63
Tabla 27. Prueba de Viscosidad de emulsión CSS-1HP	64
Tabla 28. Prueba de Viscosidad de emulsión CQS-1HP	65
Tabla 29. Prueba de Estabilidad al almacenamiento de emulsión CSS-1HP	66
Tabla 30. Prueba de Estabilidad al almacenamiento de emulsión CQS-1HP.....	66

Tabla 31. Prueba de residuo por evaporación de emulsión CSS-1HP	67
Tabla 32. Prueba de residuo por evaporación de emulsión CQS-1HP	67
Tabla 33. Prueba de residuo por Destilación de emulsión CSS-1HP	68
Tabla 34. Prueba de residuo Destilación de emulsión CQS-1HP	68
Tabla 35. Prueba de Densidad de emulsión CSS-1HP	69
Tabla 36. Prueba de Densidad de emulsión CQS-1HP	69
Tabla 37. Prueba de Recuperación elástica de CSS-1HP	71
Tabla 38. Prueba de Recuperación elástica de CQS-1HP.....	71
Tabla 39. Prueba de Penetración de CSS-1HP	71
Tabla 40. Prueba de Penetración de CQS-1HP.....	72
Tabla 41. Punto de Ablandamiento de emulsión CSS- 1HP.....	73
Tabla 42. Punto de Ablandamiento de emulsión CQS- 1HP	74

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Vista panorámica de la toma de muestra en plantel CATECO	45
Fotografía 2. Preparación de muestra para ensayos en laboratorio.	46
Fotografía 3. Tamiz #20 para verificar el tamaño de partículas.	47
Fotografía 4. Prueba del ensayo del tamiz.	47
Fotografía 5. Peso final de Tamiz.	48
Fotografía 6. Ejecución de ensayo de Viscosidad en Viscosímetro de paletas.	49
Fotografía 7. Prueba de estabilidad al almacenamiento.....	50
Fotografía 8. Residuo por evaporación.	52
Fotografía 9. Ensayo de Densidad	54
Fotografía 10. Ensayo de Mezcla con Cemento	55
Fotografía 11. Equipo de penetración.....	57
Fotografía 12. Equipo de punta de ablandamiento.	59
Fotografía 13. Equipo de Ductilometro.	61
Fotografía 14. Ensayo en proceso de ductilidad	61
Fotografía 15. Tamiz #20 para verificar el tamaño de partículas de las emulsiones asfálticas.	63
Fotografía 16. Peso final de Tamiz	64

Fotografía 17. Especímenes a ensayar de recuperación elástica por ductilometro.....	70
Fotografía 18. Ensayo de Punto de Ablandamiento en equipo digital.....	73
Fotografía 19. Riego de Fog Seal (Sello de Niebla), con emulsión CSS-1H	74
Fotografía 20. Riego de Fog Seal (Sello de Niebla), con emulsión CSS-1H	75
Fotografía 21. Riego de Fog Seal (Sello de Niebla), con emulsión CSS-1HP	75
Fotografía 22. Riego de liga para bacheo.	76
Fotografía 23. Colocación de Mezcla Asfáltica en bacheo.....	77
Fotografía 24. Riego de Imprimación en proyecto periódico, FOVIAL.	77
Fotografía 25. Colocación de micropavimento.....	78
Fotografía 26. Tabla de Resultados obtenidos de la emulsión asfáltica CSS-1H (Convencion)...	83
Fotografía 27. Tabla de Resultados obtenidos de la emulsión asfáltica CSS-1HP (Modificada)..	85
Fotografía 28. Tabla de Resultados obtenidos de la emulsión asfáltica CQS-1HP (Modificada).	87
Fotografía 29. Tabla de Resultados obtenidos de la emulsión asfáltica CRS-2H (Convencion) ..	89

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación UTLA	15
Ilustración 2. Ubicación CATECO S.A DE C.V	16
Ilustración 3. Diagrama básico de fabricación de emulsiones asfálticas.	23
Ilustración 4. Molino Coloidal.....	24
Ilustración 5. Fotografía microscópica de una emulsión asfáltica.	25
Ilustración 6. Representación esquemática de emulsiones aniónicas y catiónicas.	27
Ilustración 7. Dispersión de aceite en agua de las figuras A, B y C.	29
Ilustración 8. Ubicación de planta asfáltica Cateco, Santa Ana.	45

INTRODUCCION

Las emulsiones asfálticas son mezclas estables de asfalto y agua que son unidas a través de un enlace químico con un componente llamado emulsificante por el cual nos permite hacer la mezcla entre el agua y el asfalto y este mismo determinar el tipo de rompimiento de la emulsión.

Las emulsiones asfálticas se componen principalmente de tres elementos: agua, asfalto y un agente emulsificante. El agua actúa como el medio dispersante, mientras que el asfalto se dispersa en forma de pequeñas gotas dentro del agua. El agente emulsificante es un producto químico que ayuda a estabilizar la mezcla y a mantener el asfalto disperso en el agua.

Estas emulsiones se utilizan en una variedad de aplicaciones en la industria de la construcción de carreteras, incluyendo la imprimación de superficies, la fabricación de mezclas asfálticas en frío, la reparación de baches y la estabilización de suelos entre otros. Una de las principales ventajas de las emulsiones asfálticas es su capacidad y facilidad para ser aplicadas a temperatura ambiente, lo que las hace más seguras y convenientes de usar en comparación con el asfalto caliente o los asfaltos rebajados.

Existen diferentes tipos de emulsiones asfálticas, clasificadas según su grado de consistencia, velocidad de ruptura, (llámese a este fenómeno como la separación del asfalto del agua al momento de ser aplicada la emulsión, es decir cuando se evapora el agua y queda la membrana de asfalto adherida a la superficie donde se aplicó la emulsión). Estas variaciones permiten adaptar a las emulsiones a diferentes condiciones climáticas y requerimientos de construcción.

En el salvador las emulsiones más utilizadas son la CSS-1H, CSS-1HP, CRS-2H, CQS-1HP que comprende entre velocidades de ruptura lenta, media o controlada y rápida.

CAPITULO I:

GENERALIDADES

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 TÍTULO DESCRIPTIVO DEL ESTUDIO O INVESTIGACIÓN.

“ESTUDIO DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS, CLASIFICACION, APLICACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD UTILIZADAS EN EL SALVADOR”.

1.2 ANTECEDENTES Y/O GENERALIDADES DEL PROBLEMA

Las emulsiones asfálticas fueron desarrolladas por primera vez a comienzos del siglo XX. Fue en los años 1920 cuando su uso se generalizó a las aplicaciones viales. Inicialmente se utilizaron en aplicaciones de riego (spray applications) y como paliativos de polvo (dust palliatives).¹ El uso de las emulsiones asfálticas creció de manera relativamente lenta, limitado por el tipo de emulsiones disponibles y por la falta de conocimientos sobre su correcta aplicación. El desarrollo ininterrumpido de nuevos tipos y grados, sumado a equipos de construcción y prácticas mejoradas, ofrece ahora una amplia gama de elección. Virtualmente cualquier necesidad vial puede ser abordada con emulsiones. La selección y el uso juicioso pueden resultar en sustanciales beneficios económicos y ambientales. (UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR (UES), 2013)

Entre 1930 y mediados de 1950, hubo un lento pero firme incremento en el volumen de emulsiones utilizadas. En los años siguientes a la segunda guerra mundial, el volumen y las cargas de tránsito crecieron a tal punto que los ingenieros viales comenzaron a reducir el empleo de emulsiones asfálticas. En cambio, especificaron mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico como ligantes. Mientras el volumen de cemento asfáltico empleado ha crecido enormemente desde 1995, el uso en conjunto de otros productos asfálticos se ha mantenido casi constante. Pero ha habido un firme aumento en el volumen de emulsiones asfálticas utilizadas

Un pavimento es un sistema de capas superpuestas de distintos materiales, y compactadas de manera adecuada, su estructura está compuesta por una capa de rodadura o calzada, una rasante y una sub-rasante. Los tipos de pavimentos son: rígidos (concreto), flexibles (mezcla asfáltica) y pavimentos semi-flexibles.

¹ UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR (UES), 2013
<https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/15309/1/TRATAMIENTO%20SUPERFICIAL%20SIMPLE%20TIPO%20CAPE%20SEAL%20COMO%20T%C3%89CNICA%20DE%20PRESERVACI%C3%93N%20EN%20PAVIMENTO%20FLEXIBLE.pdf>

1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en EL Salvador para los proyectos viales de rehabilitación, construcción y mantenimiento; se utilizan las mezclas asfálticas en caliente como la opción más viable para capa de rodadura, debido a su mayor facilidad de colocación y menor costo de inversión inicial.

En estas actividades es donde entra la parte de las emulsiones asfálticas con sus diferentes aplicaciones como pueden ser:

- Riego de liga
- Riego de imprimación
- Microsurfacing
- Mezclas asfálticas en frío
- Reciclados en frío y en caliente
- Tratamientos superficiales
- Sello de grietas

Para ello es necesario conocer las emulsiones asfálticas desde su composición física – química, hasta su aplicación en campo y la realización de los diferentes ensayos para determinar su calidad, es por eso que acá en este tema de investigación se pretende presentar, estudiar y conocer esos ensayos tanto de laboratorio como de campo que requiere el estudio completo de una emulsión asfáltica más su aplicación en campo por cada tipo de emulsión utilizada en El Salvador.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La investigación y desarrollo de este tema tiene como objetivo comprender los procesos de control de calidad de las emulsiones asfálticas que se investigan, verificando su diseño y formulación mediante la aplicación de las normas correspondientes. La problemática surge de diversas situaciones, como la variedad de emulsificantes utilizados, su compatibilidad con el asfalto, y la necesidad de que todos los ensayos de laboratorio cumplan con las especificaciones técnicas vigentes en nuestro país.

Además, se identifica una falta de conocimiento por parte de los operadores que manipulan las emulsiones asfálticas, así como la importancia de que los materiales utilizados (como agregados pétreos, suelos, cementos y superficies a impermeabilizar) no tengan reacciones adversas con las emulsiones. Por ello, es fundamental que el personal encargado del control de calidad conozca en profundidad los diseños, clasificaciones, usos y aplicaciones de las emulsiones asfálticas, las cuales se actualizan constantemente debido a factores como la contaminación, la manipulación de químicos y los diferentes usos.

En resumen, es de vital importancia entender los componentes de una emulsión asfáltica y las posibles consecuencias de un manejo inadecuado, para garantizar la calidad y eficiencia en su uso en las obras de construcción y mantenimiento de infraestructura.

1.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Es importante estudiar el tema debido a la falta de información que existe en el medio de cómo usar o aplicar una emulsión, como hacer un muestreo satisfactorio y sobre todo para conocer la parte de control de calidad tanto de laboratorio como de campo para las diferentes actividades donde se requiera una emulsión asfáltica, ya que hay algunos documentos que hablan del tema pero de manera superficial o enfocada a algún parámetro específico que puede ser el uso o el factor económico, pero no existe un documento que sirva de guía para evaluar la estabilidad y el desempeño de ellas.

En el año 2008 la Universidad Técnica Latinoamericana efectuó un trabajo de investigación sobre el uso de las emulsiones asfálticas para el diseño de pavimentos en carreteras, pero en dicha investigación solo se presentan los usos de las mismas, por lo que se vuelve importante generar el conocimiento sobre los ensayos que se les practican a cada una de ellas y cuál sería el control de calidad adecuado, ya que existe mucho personal encargados de los proyectos viales en El Salvador que desconocen cuales son los tipos de emulsiones y que significan las siglas por las cuales se representan cada una de ellas. En este documento se presentan los ensayos requeridos para cada emulsión según su tipo de rompimiento, y sobre todo de cómo se realizan o que parámetros se deben de cumplir para que su calidad no se vea interrumpida y sobre todo para tener el conocimiento correcto de cómo son usadas las emulsiones asfálticas.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Como propósito de investigación, este tema es de vital importancia estudiarlo debido a que en El Salvador no existe un documento que hable de las emulsiones que se usan en el país, que sea para controlar la calidad de ellas tanto en laboratorio como en su proceso de aplicación en campo, existen varios documentos donde se habla de ellas, pero de una manera superficial y por eso en esta investigación se hace mucho énfasis en eso. Cabe destacar que las normativas van cambiando y por ende los equipos utilizados para ello también y por eso es necesario mantenernos a la vanguardia de la tecnología.

1.6 ALCANCES DEL PROYECTO

Se propone analizar cuatro diferentes emulsiones que son las más utilizadas en El Salvador como lo son la CSS-1H (cationic slow setting) que es de rompimiento lento con asfalto convencional, CSS-1HP (cationic slow setting) que es de rompimiento lento, pero con asfalto modificado, CQS-1HP (cationic quick setting) que es de rompimiento controlado, asfalto modificado por último la CRS-2H (cationic rapid setting) que es una emulsión de rompimiento rápido con asfalto convencional.

Cabe mencionar que los números 1 y 2 que aparecen en las siglas de cada emulsión se debe al tipo de viscosidad de las mismas, en CATECO que se usa el viscosímetro rotacional de paletas bajo la normativa ASTM D7226-13 Re aprobada en el año 2023, (STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING THE VISCOSITY OF EMULSIFIED ASPHALTS USING A ROTATIONAL PADDLE VISCOMETER). Para medir la viscosidad, el rango de viscosidad para el numero 1 es entre 45 a 220 mPa.s, y para el numero 2 el rango es entre 220 – 880 mPa.s, quiere decir más viscosa. Solo para este tipo de equipos son esos rangos ya que esta el otro método para medir viscosidades en las emulsiones como lo es Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D 7496) y sus rangos de trabajo son para el numero 1 entre 20 a 100 segundos Saybolt furol (ssf) y para el numero 2 entre 100 a 400 segundos Saybolt furol (ssf).

La letra H en las siglas significa que se usa un asfalto duro por ende sería un AC-30 ya sea PERENCO o PUMA.

Y por último la letra P significa que el asfalto utilizado ha sido modificado con un polímero ya sea un elastómero (polímero para dar elasticidad al asfalto) o plastomero (polímero para darle dureza al asfalto).

Se pretende analizar la parte de campo, la aplicación para cada tipo de emulsión y su respectivo control y aseguramiento de calidad con ensayos realizados en laboratorio y en campo aplicando normativas vigentes. Estas pruebas a realizar en campo son: Residuo por evaporación (ASTM D 6934), Tasa de riego (ASTM D 6934), Muestreo de emulsiones asfálticas (ASTM D 140). Y las pruebas a analizar en laboratorio serían: Residuo asfáltico por evaporación (ASTM D 6934), Residuo asfáltico por destilación (ASTM D 6997), Residuo asfáltico por Analizador de Humedad (Moisture Analyzer, ASTM D 7404), Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D 7496), CATECO que se usa el viscosímetro rotacional de paletas bajo la normativa ASTM D7226-13 Re aprobada en el año 2023, (STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING THE VISCOSITY OF EMULSIFIED ASPHALTS USING A ROTATIONAL PADDLE VISCOMETER). Prueba de Estabilidad al almacenamiento y asentamiento (ASTM D 6930), Prueba del tamiz (ASTM D 6933), Prueba de Cargas de Partículas (ASTM D 244), Demulsibilidad (ASTM D 6936), Densidad (ASTM D 6937), Elaboración de emulsiones asfálticas de rompimiento lento, rápido y controlado y de imprimación (ASTM D 2397); Y la ejecución de los ensayos al residuo que serían los siguientes: Prueba de penetración (ASTM D 5), Gravedad Específica (ASTM D 70), Ductilidad (ASTM D 113), Punto de Ablandamiento (ASTM D 36), Solubilidad en Tricloroetileno (ASTM D 2042).

Para analizar la trabajabilidad y estabilidad de las emulsiones asfálticas y poder analizar los parámetros de calidad para cada tipo de emulsión tanto en laboratorio como en campo con equipos calibrados y a la vanguardia de la tecnología.

Los equipos para realizar los estudios de la investigación serían equipos de última generación como los es el Reómetro de corte Dinámico que estudia propiedades de los ligantes asfálticos y que los rige la normas AASHTO T-315: Determinación de propiedades reológicas de ligantes asfálticos, AASHTO T-350: Múltiple Stress Creep Recovery (MSCR), Prueba de Ligante Asfáltico Usando DSR, ASTM D1754 Efecto del calor y aire en materiales asfálticos (RTFOT), ASTM D5976. Prueba de separación de cementos asfálticos modificados antes de ser modificado si se requiere antes de ser emulsificado.

1.7 LIMITANTES

- Los ensayos requeridos para poder ser realizados en este tema de estudio no pueden ser desarrollados en el laboratorio de las instalaciones de la Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA), ya que para ello se necesita de un laboratorio con acreditación OSA, que cuente con los conocimientos, personal calificado, tecnología en equipos con calibraciones vigentes para ejecutar las pruebas de los asfaltos convencionales y modificados, así como también de las emulsiones asfálticas. Por lo tanto, las pruebas se realizarán en un laboratorio particular y esto incurrirá en gastos económicos para los involucrados en la investigación.
- En El Salvador solo existen tres empresas que se encargan de producir emulsiones asfálticas, las cuales son: ASFALCA S.A. DE C.V. siendo la pionera en el rubro, CATECO S.A. DE C.V. Y GRUPO ECON S.A. DE C.V.
- Para esto se necesita de una de estas empresas para la realización de la investigación y dando apoyo abriendo sus puertas del laboratorio la empresa CATECO S.A. DE C.V.
- Se estudiarían 4 emulsiones CSS-1H, CSS-1HP, CQS-1HP y CRS-2H, 2 caracterizaciones completas por cada emulsión asfáltica antes mencionada, incluyendo ensayos a la emulsión y al residuo, aparte de 2 ensayos de campo para cada emulsión asfáltica mencionada, el costo según indica la tabla de presupuesto en el apartado 6.2. Todas las pruebas se harán en el laboratorio de CATECOLAB de CATECO S.A DE C.V.
- Cabe destacar que varios de los equipos de laboratorio utilizados son digitales por lo cual el resultado lo indica inmediatamente el equipo y no necesita de ningún tipo de cálculo, esto ayuda a minimizar el error humano.

1.8 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Tiempo:

- A partir del mes de junio 2024 hasta enero de 2025.

Espacio: Este análisis será aplicado únicamente a emulsiones asfálticas que se mencionan a continuación CSS-1H, CSS-1HP, CQS-1HP, CRS-2H.

- El estudio del tema se limita a los ensayos para caracterización de las emulsiones antes mencionadas y los respectivos ensayos de campo de cada una, tales como: Residuo asfáltico por evaporación (ASTM D 6934), Residuo asfáltico por destilación (ASTM D 6997), Residuo asfáltico por Analizador de Humedad (Moisture Analyzer, ASTM D 7404), Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D 7496), Prueba de Estabilidad al almacenamiento y asentamiento (ASTM D 6930), Prueba del tamiz (ASTM D 6933), Prueba de Cargas de Partículas (ASTM D 244), Demulsibilidad (ASTM D 6936), Densidad (ASTM D 6937), Elaboración de emulsiones asfálticas de rompimiento lento, rápido y controlado y de imprimación (ASTM D 2397); Y la ejecución de los ensayos al residuo que serían los siguientes: Prueba de penetración (ASTM D 5), Gravedad Específica (ASTM D 70), Ductilidad (ASTM D 113), Punto de Ablandamiento (ASTM D 36), Solubilidad en Tricloroetileno (ASTM D 2042).
- La procedencia de las emulsiones asfálticas son de la empresa CATECO S.A. DE C.V. con el objetivo de dar a conocer los ensayos requeridos y los equipos para ello.
- Presentar un certificado de calidad de cada tipo de emulsión asfáltica producto de la caracterización de cada una de ellas.

1.9 OBJETIVOS

1.9.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar y estudiar las diferentes emulsiones asfálticas utilizadas en El Salvador desde su aplicación hasta su control de calidad tanto de laboratorio como de campo.

1.9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las diferencias que existen en cada tipo de emulsión, para usar de forma eficiente de acuerdo con la actividad que se requiera.
- Realizar los diferentes ensayos de laboratorio y campo para cada una de las emulsiones asfálticas propuestas.
- Evaluar el comportamiento de las emulsiones asfálticas dependiendo de su aplicación en cada una de ellas.

1.10 MARCO DE REFERENCIA

1.10.1 FUNDAMENTOS SOCIO-ECONÓMICOS

En nuestro país El Salvador en las últimas dos décadas se ha observado el aumento y próspero de empresas que se dedican a la fabricación de las emulsiones asfálticas, pero es el tipo de emulsión que obedece a los diferentes usos de las mismas en la cual tiene muchos usos adecuados para cualquier tipo de emulsión, en nuestro país solo se utilizan emulsiones catiónicas ya que son las que tienen la mayor y única reacción química con nuestros agregados pétreos por nuestra geografía, la cual es el ámbito más amplio en el cual se usa en la industria de la construcción y que puede ser manipulada sin ningún riesgo por cualquier persona que tenga la necesidad de su aplicación ya sea mezclando con materiales pétreos utilizados en la construcción de carreteras con la capa de rodadura asfáltica e imprimación, sellos, etc. Hay muchas alternativas ante la conservación de este tipo de pavimentos, incluyendo las lechadas asfálticas, y recientemente el reciclado de pavimentos, que obedece a la creciente sensibilización social acerca de la necesidad de preservar el medio ambiente, basado en la reutilización de los materiales.² Las emulsiones asfálticas pueden representar por medio de este estudio si son una alternativa viable desde el punto de vista ambiental al reducir las emisiones contaminantes y una ventaja económica al disminuir los costos necesarios para la ejecución de actividades debido a que ambos factores se encuentran íntimamente relacionados favoreciendo en gran medida las condiciones con que cuenta El Salvador. (MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTE DE EL SALVADOR, 2010).

El manejo de las emulsiones ha reducido en buena medida la contaminación debido a que ya no se usan solventes combustibles o asfaltos rebajados para elaborar las emulsiones asfálticas ya que estos contaminaban los suelos y el aire en la evaporación de residuos, no se pretende medir mediante aparatos la contaminación ya que es considerable en gran medida la reducción de contaminantes al hacer uso de emulsiones asfálticas emulsificadas con asfalto y agua, sabiendo que la evaporación del agua no daña el ambiente, mas bien aporta en cierta medida a las precipitaciones de lluvia.

² MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTE, MOPT EL SALVADOR, 2010, <https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/tec-paviasfal.pdf>

1.10.2 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y TEÓRICOS

- Aunque se encuentren referencias del uso de emulsiones o dispersiones de alquitrán en agua para la pavimentación de carreteras hacia principios del siglo XX, no es hasta 1922 cuando dos científicos británicos realizaron la primera patente de una emulsión de betún, la cual fue mejorada al año siguiente por otra patente presentada en Francia. (ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSA, 2022)
- En 1951, aparecen en el mercado los emulsionantes catiónicos, que confieren a la emulsión una casi universalidad de uso (adecuadas para cualquier tipo de árido y condición meteorológica). Es en este momento cuando las emulsiones bituminosas alcanzan su pleno desarrollo. Tanto es así que, en 1962, el 50 % de las toneladas fabricadas fueron catiónicas y, en 1971 lo fueron más del 92 %.
- En España el desarrollo de las emulsiones bituminosas se produce con cierto retraso con respecto a otros países. Sin embargo, en la actualidad España es uno de los primeros productores mundiales de emulsiones bituminosas, detrás de Estados Unidos y Francia que son, por este orden los dos primeros. También es el segundo país después de Francia en la relación de técnicas en frío (con emulsión) frente a técnicas en caliente (con asfalto puro).
- Aunque las emulsiones de betún encuentran aplicaciones en campos diferentes al de la carretera, como por ejemplo impermeabilización de cubiertas, pinturas, etc., puede estimarse que el porcentaje destinado a carreteras supera el 95% de la producción mundial.
- En los últimos 20 años se han mejorado considerablemente las prestaciones de las emulsiones asfálticas, ya que estas han sido formuladas de manera óptima en función de su aplicación final.

1.10.3 FUNDAMENTOS NORMATIVOS, JURÍDICOS, MEDIOAMBIENTALES E HISTÓRICOS

La investigación estará respaldada según normas de la Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM), Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO), cabe mencionar que para las emulsiones asfálticas en nuestro país se rigen los estudios mediante normativas de gran peso.

Así como al residuo asfáltico de las mismas, basado en normas de requerimiento y métodos de ensayos ASTM D 244 y AASHTO T 59; se ensayaran las emulsiones catiónicas, por los tipos de agregados que se tiene en nuestro país.

Todos estos ensayos al residuo son descritos y sustentados por las normativas ASTM D 70, D 2042, D 5, D 113 y D 139 (AASHTO T 228, T 44, T 49, T 51 y T 50) respectivamente.

Podemos definir una emulsión como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre sí y unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente. Una emulsión puede estar compuesta de dos o más líquidos inmiscibles entre sí, uno de los cuales está disperso en el otro en forma de finas gotas. “Las emulsiones son sistemas heterogéneos inestables formados por dos fases parcial o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada fase continua (o dispersante) y la otra la fase discreta (o dispersa)³.” Esta última, fase dispersa, discontinua o interna es el líquido desintegrado en glóbulos, todo esto se observa mediante uso de microscopio.

Las emulsiones asfálticas representan una alternativa viable desde el punto de vista ambiental al reducir las emisiones contaminantes, y el reciclado de pavimentos en la rehabilitación de carreteras, estabilización de suelos, construcción y mantenimiento de carreteras, aeropuertos, caminos rurales, parqueos, calles y todo lo relacionado con la aplicación de asfaltos. Este último es de mayor interés ya que ambientalmente es favorable la cual es una temática de interés mundial y a la vez se considera económicamente viable.

1.11 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.11.1 HIPÓTESIS GENERAL

Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros presentan una mayor resistencia a la deformación plástica en comparación con las emulsiones asfálticas convencionales.

³ Instituto Mexicano del Transporte, *Emulsiones Asfálticas, Documento Técnico N° 23, Sanfandila, Qro 2001*

1.11.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

1.11.2.1 HIPÓTESIS ESPECIFICA NO.1

Verdadera: Si las emulsiones asfálticas modificadas con mayor porcentaje de polímero son más resistentes a la tracción o al levantamiento de la membrana de asfalto adherida a una base granular.

Nula: Si las emulsiones asfálticas modificadas con mayor porcentaje de polímero no son mas resistentes a la tracción o al levantamiento de la membrana de asfalto adherida a una base granular.

1.11.2.2 HIPÓTESIS ESPECIFICA NO.2

Verdadera: Si al mezclar emulsiones asfálticas de diferente grado de ruptura o rompimiento se produce un fenómeno químico desfavorable para su manejo y almacenamiento.

Nula: Si al mezclar emulsiones asfálticas de diferente grado de ruptura o rompimiento no se produce ningún fenómeno químico desfavorable para su manejo y almacenamiento.

1.11.2.3 HIPÓTESIS ESPECIFICA NO.3

Verdadera: Si al usar una cantidad menor de emulsificante al recomendado por el proveedor se vuelve más inestable una emulsión independientemente del tipo de ruptura o rompimiento.

Nula: Si al usar una cantidad menor de emulsificante al recomendado por el proveedor se vuelve más estable una emulsión asfáltica independientemente del tipo de ruptura o rompimiento.

1.11.3 OPERACIONALIZACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECIFICA

Al identificar las variables, deseamos reafirmar o negar la hipótesis, las cuales vienen a ser el contenido de solución que le damos al problema de investigación. En el siguiente cuadro se detalla las variables independiente, dependiente e interviniente con sus respectivos indicadores.

Tabla 1. Variables de hipótesis

Hipótesis General: Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros presentan una mayor resistencia a la deformación plástica en comparación con las emulsiones asfálticas convencionales.	
Variable Independiente: las emulsiones asfálticas modificadas con polímero presentan una mayor resistencia.	✓ Indicadores: ✓ Normativas ✓ Ensayos de laboratorio ✓ Materiales ✓ Procedimientos
Variable Dependiente: depende de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio y campo.	✓ Indicadores: ✓ Diseño ✓ Procesos ✓ Practica
Variable Interviniente: La programación de las fechas de realización de ensayos y ubicación de los proyectos donde se realizarán los ensayos de campo.	✓ Indicadores: ✓ Ubicación de ejecución de ensayos ✓ Fecha

1.12 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.12.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación consta de dos etapas en cada una de estas se recopilará diferente tipo de información diferente.

Etapas 1: Recopilación de fuentes bibliográficas dentro de las instalaciones de la Universidad Técnica Latinoamericana.

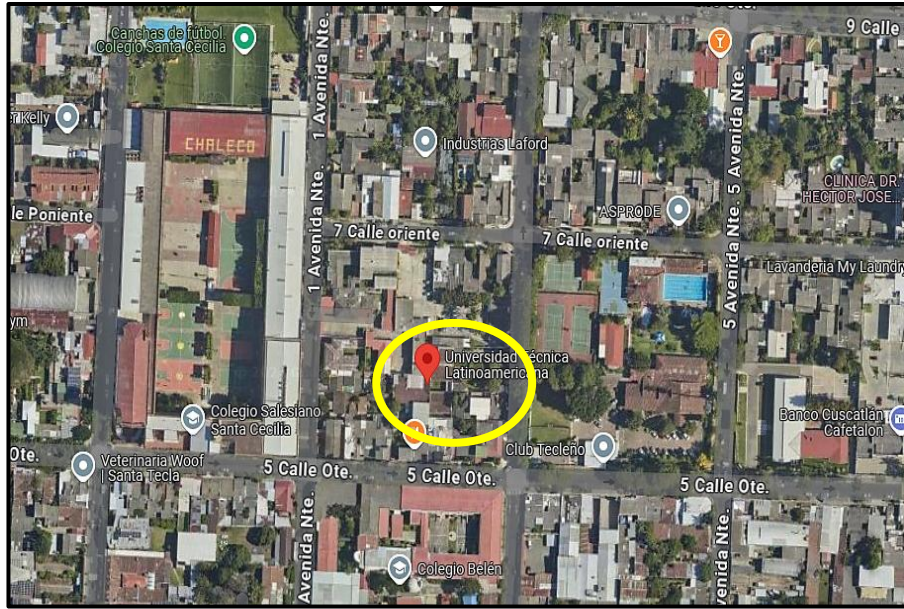


Ilustración 1. Ubicación UTLA

3ª Avenida Norte y 7ª Calle Oriente, No. 2-4, Col. Larreynaga, Municipio de Santa Tecla, Departamento de La Libertad, El Salvador, C.A

Etapas 2: Consistirá en la realización de datos técnicos, (área de ensayos de laboratorio).



Ilustración 2. Ubicación CATECO S.A DE C.V

Km. 58.5 Carretera antigua a San Salvador Lot. Puerto Príncipe, Cantón Primavera, Departamento de Santa Ana, El Salvador, C.A.

1.12.2 POBLACIÓN Y MUESTRA EN ESTUDIO

La población y la muestra de estudio será para personal del rubro y de los procesos de los ensayos de laboratorio empleados en el estudio del comportamiento de los diferentes tipos de emulsiones sujetas a análisis y que se presentaran en la investigación, cabe aclarar que estos procesos son los que se realizan a los ensayos realizados en El Salvador, con equipo de última tecnología. Estos métodos estándares están amparados en las Normas ASTM y AASHTO específicamente en la D 244 y en T-59 respectivamente, siendo estas sujetas a revisión y actualización continua, por lo que es responsabilidad del usuario establecer las medidas de seguridad y salubridad a seguir durante la ejecución del proceso operativo descrito en las mismas. La población está referida por Constructores, Consultores, profesionales del rubro, estudiantes de las carreras afines para que puedan tener una investigación base y fundamental para los diferentes procesos constructivos, las muestras e investigaciones se harán en la planta asfáltica de Calidad y Técnicas en Construcción que cuenta con el área de investigación y desarrollo de pavimentos asfálticos y emulsiones entre otros; así mismo se ira a los proyectos existentes a la toma de muestras en campo.

1.12.3 DISEÑO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

- Se considera que la investigación como un estudio experimental y analítico, ya que no se cuenta con mucha información referente al control de calidad de las emulsiones asfálticas ni de la manera que se ensayan para obtener los resultados, ni un estudio que determine los tipos de emulsiones que se usan en El Salvador que conlleve sus aplicaciones más su control de calidad en laboratorio y de campo.
- Las técnicas de muestreo se medirán mediante un conjunto de ensayos, que demuestre las diferencias entre una emulsión y otra, dependiendo su grado de ruptura o rompimiento.
- Se pretende utilizar unas técnicas oculares que se clasifican de la forma siguiente:
- Física: Dado en tiempo y espacio determinados y se empleará como técnica de la inspección.
- Escrita: Reflejará toda la información que se considera importante para sustentar los hallazgos del trabajo. Esta técnica se aplica de las formas siguientes.
- Análisis.
- experimentos.

- Ensayos de laboratorio y campo.
- Cálculo y
- Reporte final.

1.12.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN

Se realizará el muestreo de las emulsiones propuestas en los tanques de almacenamiento de la empresa CATECO S.A. DE C.V. para realizar las distintas caracterizaciones y lograr obtener el certificado de calidad por cada emulsión asfáltica, luego se harán las pruebas de desempeño de cada emulsión según su aplicación para terminar con los ensayos requeridos de campo según la actividad en ejecución.

El análisis se aplicará a los resultados de ensayos de las diferentes emulsiones asfálticas a estudiar en este documento para tratar de dejar más claro sus aplicaciones y su control de calidad.

La técnica a utilizar en la investigación será por medio de análisis y revisión documental de información:

- Estudio de las normativas vigentes para la clasificación de emulsiones asfálticas.
- Experimentos
- Análisis de datos
- Verificación y validación
 - a. Revisión permanente y resultados obtenidos.
 - b. Disposición y transformación de datos.
 - c. Análisis de contenido.
 - d. Explotación de los resultados.
 - e. Obtención de resultados y conclusiones.
 - f. Verificación de conclusiones.

CAPITULO II:

MARCO

CONCEPTUAL

CAPITULO II

MARCO CONCEPTUAL

2.1 HISTORIA DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS

Generalidades

La emulsión asfáltica es, sin duda, la forma más económica, menos contaminante, y de menor consumo energético que existe para aplicar un betún en carretera.

Aunque se encuentren referencias del uso de emulsiones o dispersiones de alquitrán en agua para la pavimentación de carreteras hacia principios del siglo XX, no es hasta 1922 cuando dos científicos británicos realizaron la primera patente de una emulsión de asfalto, la cual fue mejorada al año siguiente por otra patente presentada en Francia. (ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, 2017)⁴

El uso de emulsión asfáltica se extendió rápidamente por todo el mundo. A partir de esta fecha se conocen fábricas de emulsiones en Estados Unidos, Francia, Inglaterra, Alemania, etc. Se estima que la producción mundial de emulsiones en el año 1926 fue de 150.000 toneladas.

Las primeras fabricaciones de emulsiones asfálticas fueron de naturaleza aniónica, las cuales empleaban jabón a partir de la neutralización de ácidos grasos de cadena larga, como ácido oleico, esteárico y ácido nafténicos. Sin embargo, estas emulsiones aniónicas presentaban problemas de adhesividad con algunos áridos cargados negativamente (cuarcita, granito, sílice).

Para solventar este inconveniente en 1951, aparecen en el mercado los emulsionantes catiónicos, que confieren a la emulsión una universalidad de uso (adecuadas para cualquier tipo de árido y condición meteorológica). Es en este momento cuando las emulsiones bituminosas alcanzan su pleno desarrollo. Tanto es así que, en 1962, el 50 % de las toneladas fabricadas fueron catiónicas y, en 1971 lo fueron más del 92 %.

En España el desarrollo de las emulsiones bituminosas se produce con cierto retraso con respecto a otros países.

⁴ ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, 2017

Sin embargo, en la actualidad España es uno de los primeros productores mundiales de emulsiones bituminosas, detrás de Estados Unidos y Francia que son, por este orden los dos primeros. También es el segundo país después de Francia en la relación de técnicas en frío (con emulsión) frente a técnicas en caliente (con asfalto puro).

Aunque las emulsiones de betún encuentran aplicaciones en campos diferentes al de la carretera, como por ejemplo impermeabilización de cubiertas, pinturas, etc., puede estimarse que el porcentaje destinado a carreteras supera el 95% de la producción mundial.

En los últimos 20 años se han mejorado considerablemente las prestaciones de las emulsiones asfálticas, ya que estas han sido formuladas de manera óptima en función de su aplicación final.

2.1.1 COMPONENTES DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.

Para poder conocer el funcionamiento de las emulsiones asfálticas es esencial examinar el papel de cada uno de los constituyentes:

- Asfalto
- Agua.
- Agente emulsivo (emulsificante)
- Aditivo

Es bien sabido que el agua y el asfalto no se mezclan, excepto en condiciones cuidadosamente controladas, utilizando equipos de alta especialización y aditivos químicos. Algunos de los mismos principios físicos y químicos se aplican a la formulación, producción y uso de emulsiones asfálticas. El objetivo es lograr una dispersión estable del asfalto en el agua, suficientemente estable para ser bombeada, almacenada durante tiempo prolongado y mezclada con otros materiales para su utilización. A continuación, se describe cada componente de una emulsión asfáltica:

a) Asfalto

Es un material aglomerante sólido de color negro que se licua fácilmente al calentarse, cuyos constituyentes predominantes son betunes, que se encuentran en la Naturaleza en forma semisólida y se obtienen a partir de la refinación del Petróleo.

El asfalto es el elemento básico de la emulsión asfáltica y, en la mayoría de los casos, constituye entre un 50 y un 75% de la emulsión. (AEMA)⁵

En cualquier caso, la compatibilidad química entre el agente emulsivo y el ligante asfáltico es esencial para la producción de una emulsión estable.

b) Agua.

El agua puede contener minerales u otros elementos que afecten la producción de emulsiones asfálticas estables. Consecuentemente, el agua potable puede no ser adecuada para las emulsiones asfálticas. Frecuente se adiciona cloruro de calcio a las emulsiones catiónicas, con el objeto de aumentar la estabilidad durante el almacenamiento⁶. Estos mismos iones pueden ser perjudiciales para emulsiones aniónicas, cosa que en El Salvador no tiene mayor efecto; ya que debido a las características de los materiales pétreos se utilizan en un cien por ciento emulsiones catiónicas. Cuando se utilizan las emulsiones en obra, el agua se evapora hacia la atmósfera, quedando el agente emulsivo retenido en el asfalto. El uso de aguas impuras puede resultar en un desequilibrio en los componentes de la emulsión, lo que puede afectar en forma adversa su estabilidad.

Dentro de las condiciones que debe cumplir el agua tenemos que debe ser:

- Sin olor
- Sin color
- Sin partículas suspendidas

El agua es de gran importancia en una emulsión asfáltica, debido a que establece:

- El % de asfalto útil.
- La viscosidad de la emulsión.
- La estabilidad al almacenamiento.
- La velocidad de rompimiento.
- La aptitud para recubrir materiales, y en particular los finos.

⁵ AEMA, Manual Básico de Emulsiones Asfálticas MS 19, pág. 7.

⁶ (ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, 2017)

c) Agentes emulsivos (Emulsificante)

El emulsivo es un agente tenso-activo o surfactante; el agente emulsivo mantiene las gotitas de asfalto en suspensión estable y controla el tiempo de rotura. Este es un producto químico cuya unidad elemental, molécula, consta de dos partes, una hidrofóbica insoluble en agua y otra hidrofílica soluble en agua (AEMA)⁷. Es también el factor determinante en la clasificación de las emulsiones según la polaridad eléctrica de la partícula de asfalto que este confiere a la suspensión. Los emulsificantes son los que, producida la emulsión, se ubican en su mayoría en la interfaz. Su parte hidrofóbica se dirige hacia el asfalto y su parte polar hacia el agua otorgando así cargas eléctricas del mismo signo, repeliéndose entre sí y estabilizando el sistema.

d) Aditivos⁸.

“En algunas ocasiones, la emulsión puede contener otros aditivos, como estabilizantes, mejoradores de recubrimiento, mejoradores de adherencia, o agentes de control de rotura⁶”; pero básicamente una emulsión se compone de los primeros tres constituyentes mencionados al inicio de este apartado. Algunos aditivos utilizados comúnmente son:

- Alquitrane
- Látex Poliméricos
- Polímeros

Los alquitrane: Buscan aumentar la adhesividad del asfalto añadiendo alquitrán y disminuir la susceptibilidad térmica y el rápido envejecimiento. Son productos bituminosos semisólidos o líquidos que resultan de la reconstrucción del residuo que se obtiene de la destilación del carbón de la hulla. Dan buenos resultados en tratamientos superficiales y anti carburantes, por su resistencia a los disolventes derivados del petróleo.

Látex Poliméricos: Son elastómeros que se comercializan en forma de emulsiones ya sea catiónicas o aniónicos; son fácilmente miscibles con emulsiones de ambos tipos. La mezcla de látex y emulsión produce, al romperse la emulsión, un asfalto-caucho.

⁷ (ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSA, 2022)

⁸ (Transporte, 2001)

Se han empleado con éxito en la fabricación de mezclas asfálticas densas o drenantes, lechadas asfálticas, tratamientos superficiales y micro-pavimentos.

Los materiales poliméricos: Mejoran las propiedades mecánicas y reológicas, disminuyendo la susceptibilidad térmica y los tiempos de aplicación de carga, aumentando la resistencia a la deformación permanente y a la rotura en un campo más amplio de temperaturas, tensiones y tiempos de carga, mejoran la adhesividad de los agregados.

Los tipos utilizados son los termo-fijos (resinas epóxicas, poliuretanos, poliésteres) y los termoplásticos como el cloruro de polivinilo (PVC), polietileno y poli-isobutilenos, SBR (hule estireno- butadieno), EVA (etileno-acetato de vinilo) y SBS (estireno-butadieno-estireno), hule natural y artificial.

2.1.2 FABRICACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.

El equipo y producción para la fabricación de emulsiones es muy simple y fácil de conseguir en el mercado. El problema está en la formulación de las emulsiones que deben adaptarse a los materiales pétreos. Los requerimientos para la fabricación de las emulsiones asfálticas son sencillos, como se muestra en la Ilustración.

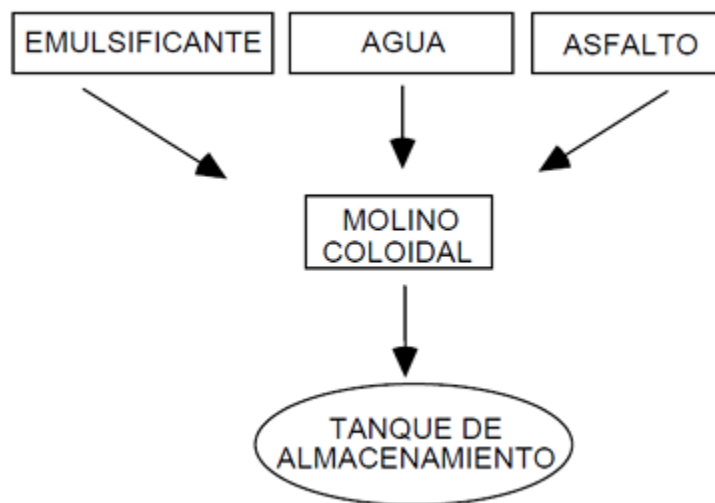


Ilustración 3. Diagrama básico de fabricación de emulsiones asfálticas.

2.1.2.1 EQUIPO DE ELABORACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.

El equipo básico para preparar emulsiones incluye un dispositivo mecánico de alta velocidad, de altas tensiones de corte (usualmente un molino coloidal), para dividir el asfalto en pequeñísimas gotas, requiriendo a su vez de un tanque para la solución de emulsivo, un tanque para el asfalto caliente, bombas, y medidores de caudal.



Ilustración 4. Molino Coloidal

Fuente: *Estado de arte, de las emulsiones asfálticas.*

2.1.2.2 PROCESO DE EMULSIFICACIÓN.

Durante el proceso de Emulsificación, se alimenta el molino coloidal con asfalto caliente, el cual es dividido en pequeñísimas gotitas. Al mismo tiempo, ingresa en el molino coloidal el agua conteniendo el agente emulsivo. El asfalto que ingresa en el molino coloidal se calienta para alcanzar una baja viscosidad; la temperatura del agua se ajusta para optimizar el proceso de emulsificación. Estas temperaturas varían, dependiendo de las características de emulsificación del cemento asfáltico y de la compatibilidad entre el asfalto y el agente emulsivo.

Debido a que la temperatura de la emulsión al abandonar el molino debe ser inferior al punto de ebullición del agua, el asfalto no se lleva a temperaturas extremadamente altas, a menos que se emplee un enfriador.

Luego, la emulsión es usualmente bombeada a tanques de almacenamiento los cuales pueden ser equipados con agitadores mecánicos para mantener la uniformidad de la emulsión. El método de incorporación del emulsivo al agua varía de acuerdo con el procedimiento empleado por el fabricante. Las proporciones de asfalto y de solución emulsificante deben medirse con exactitud.

Esto se hace normalmente con medidores de caudal; pero también pueden controlarse las proporciones verificando la temperatura de cada fase y la descarga del molino.

Si se utiliza el método de regulación de la temperatura a partir de los componentes se calcula la temperatura deseada de salida de la emulsión ya elaborada, así se controla el porcentaje de contenido de asfalto. El tamaño de las partículas de asfalto es un factor vital en la elaboración de una emulsión estable. Una fotografía a nivel microscópica de una emulsión, pone en evidencia estos promedios de tamaños de partículas.

Menor de 0.001mm (1 μ m) -----28%

0.001 – 0.005mm (1-5 μ m) -----57%

0.005 – 0.010mm (5-10 μ m) -----15%

Estas gotitas de asfalto de tamaño microscópico se dispersan en el agua en presencia del emulsivo tenso-activo (surfactante). El surfactante produce un cambio en la tensión superficial en el área de contacto entre las gotitas de asfalto y el agua, permitiendo así que el asfalto permanezca en suspensión. Las partículas de asfalto, todas con similares cargas eléctricas, se repelen entre si lo que ayuda a mantenerlas suspendidas.

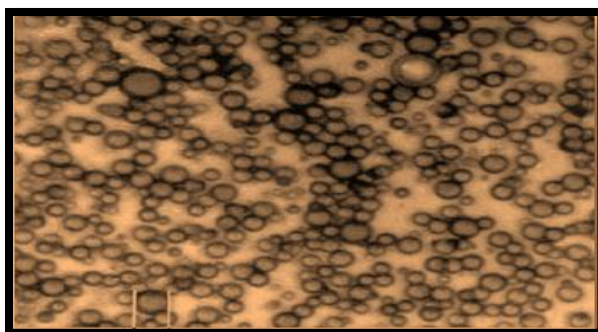


Ilustración 5. Fotografía microscópica de una emulsión asfáltica.

Fuente: *Propia, microscopio de laboratorio CATECOLAB*

2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.

Las emulsiones las podemos dividir en:

- Liofílicas: si la partícula de asfalto posee características de compatibilidad con el solvente.
- Liofóbicas; si la partícula de asfalto no presenta características de compatibilidad con el solvente.

Si el medio es agua, entonces:

- Liofílico = Hidrofílico y Liofóbico = Hidrofóbico.

Las emulsiones asfálticas pueden ser clasificadas como se mencionó anteriormente de acuerdo al tipo de emulgente usado. En este caso se pueden hablar de dos tipos refiriéndose a las cargas eléctricas que rodean las partículas de asfalto: A) Emulsiones aniónicas y B) Emulsiones catiónicas⁹:

- **Emulsiones Aniónicas:**

En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad negativa a las partículas de asfalto, o sea que éstas adquieren una carga negativa. Mas claramente cuando una corriente eléctrica atraviesa un liquido en el que están sumergidos dos polos (un ánodo y un cátodo), el ánodo se carga positivamente y el cátodo negativamente. Si una corriente eléctrica circula a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto cargadas negativamente, éstas migraran al ánodo. De aquí el nombre de emulsión aniónica.

- **Emulsiones Catiónicas:**¹⁰

En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad positiva a las partículas de asfalto, o sea que éstas adquieren una carga positiva. En el caso de emulsiones con partículas de asfalto cargadas positivamente, dichas partículas migrarán al cátodo, se trata de una emulsión catiónica.

⁹ (AEMA) (ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSA, 2022)

¹⁰ (Transporte, 2001)

Este sistema de identificación tanto para emulsiones catiónicas o aniónicas, según sea el caso, se basa en una de las leyes básicas de electricidad que dice “las cargas iguales se repelen y las cargas opuestas se atraen”. Existe una tercera clasificación según la polaridad en la que las partículas de asfalto son eléctricamente neutras, y no emigran a polo alguno, conocidas como emulsiones asfálticas no iónicas.

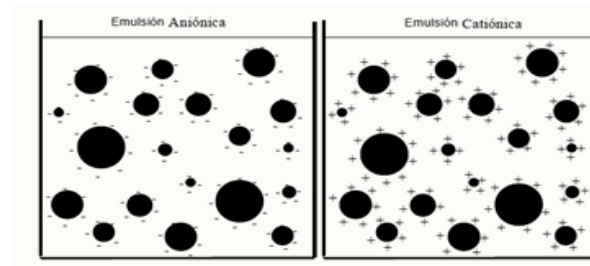


Ilustración 6. Representación esquemática de emulsiones aniónicas y catiónicas.

Respecto a la estabilidad de las emulsiones asfálticas, éstas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- **De Rompimiento Rápido:**
Estas se utilizan para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos.
- **De Rompimiento Medio:**
Estas normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos es menor o igual al 2%, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, re nivelaciones y sobre carpetas.
- **De Rompimiento Lento:**
Estas se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.
- **Para Impregnación:**
Estas se utilizan para impregnaciones de sub-bases y/o bases hidráulicas.
- **Súper Estables:**
Estas se emplean en la estabilización de materiales y en la recuperación de pavimentos. Las tres primeras clasificaciones incluyendo un rompimiento controlado, también se conocen como una clasificación de acuerdo a la ruptura de la emulsión, siendo esta última la separación completa de las fases que componen la emulsión.

Al juntar las diferentes clasificaciones tomando como parámetros el tipo de rompimiento y la polaridad, las emulsiones asfálticas según las especificaciones de ASTM D977-D2397 y AASHTO M140-M208 la letra “C”, encabezando el tipo de emulsión, identifica a una emulsión catiónica. La ausencia de la letra “C” identifica a las emulsiones aniónicas; por ejemplo, RS-1 (RR-1, rotura rápida) es una emulsión aniónica y CRS-1 (CRR-1) es una emulsión catiónica. Los números en la clasificación indican la viscosidad relativa de la emulsión. Por ejemplo, una emulsión MS-2 (RM-2, rotura media) es más viscosa que una emulsión MS-1. La “h” incluida en algunos grados significa simplemente que la base asfáltica es más consistente o dura. La “s” significa que la base asfáltica es más blanda. Las letras “HF” que preceden a algunos de los grados de emulsiones aniónicas indican alta flotación, medida con el ensayo de flotación, puede contener la letra P al final o una L, que significa Polímero o Látex, por su modificación.

Tabla 2. *Clasificación de las emulsiones asfálticas.*

CLASIFICACION	TIPO DE ROMPIMIENTO	POLARIDAD
RS-1 (RR-1)	Rápido	Aniónica
RS-2	Rápido	Aniónica
HFRS-2	Rápido	Aniónica
MS-1 (RM-1)	Medio	Aniónica
MS-2	Medio	Aniónica
MS-2h	Medio	Aniónica
HFMS-1	Medio	Aniónica
HFMS-2	Medio	Aniónica
HFMS-2h	Medio	Aniónica
HFMS-2s	Medio	Aniónica
SS-1 (RL-1)	Lento	Aniónica
SS-1h	Lento	Aniónica
CRS-1 (CRR-1)	Rápido	Catiónica
CRS-2	Rápido	Catiónica
CMS-2 (CRM-2)	Medio	Catiónica
CMS-2h	Medio	Catiónica
CSS-1 (CRL-1)	Lento	Catiónica
CSS-1h	Lento	Catiónica
CQS-1h	Controlado	Catiónica

Tabla 3. Clasificación según tamaño de la partícula.

EMULSION	MICROEMULSION
1 a 20 micras	0.01 a 0.05 micras
Opacas	Translucidas
Alta viscosidad	Baja viscosidad
INESTABLES	ESTABLES
a 10% de emulsificante	15 a 20% de emulsificante
Mucha energía Emulsión	Poca energía

▪ **Clasificación de la Emulsión Asfáltica según la fase dispersa:**

Según la clasificación por su tipo como se menciona en la Ilustración 7, las emulsiones con el aceite como fase dispersa se conocen como emulsiones de aceite en agua como lo muestra la fig. A (aceite/agua “oil-in-water”, o/w). Las emulsiones con agua como fase dispersa se conocen como emulsiones de agua en aceite (agua/aceite “water-in-oil”, w/o) como la muestra la fig. B, de la misma forma la fig. C muestra una combinación de ambos casos y es conocida como Agua/Aceite/Agua teniendo como medio o fase dispersa el agua.

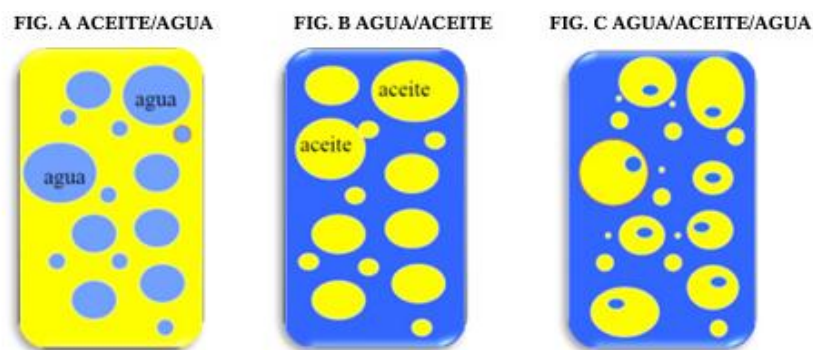


Ilustración 7. Dispersión de aceite en agua de las figuras A, B y C.

- Son emulsiones directas.
- La fase dispersa es asfalto y la dispersante es agua (Liofilico).
- Para fabricar una emulsión asfáltica utilizamos dos tipos de energía: Energía Mecánica: Aportada por un Molino de alto corte. (molino coloidal). Y energía Físico-Química = Tenso activo (Emulsificante).

2.2 USOS DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.

El asfalto es un importante material termoplástico que es ampliamente usado en la construcción debido a la amplia gama de virtudes que este ofrece a diversos tipos de obras y sus usos se hacen extensivos a las emulsiones asfálticas catiónicas, entre los que destacan:¹¹

- Usos generales.
- Juntas para pavimentos hidráulicos.
- Adhesivos.
- Selladores.
- Impermeabilizantes.
- Recubrimiento de tubería especial.
- Para tratamientos superficiales, para pavimentos asfálticos, en carreteras y aeropistas:
 - ✓ Riegos de impregnación.
 - ✓ Riegos de imprimación o penetración.
 - ✓ Riegos negros con emulsión diluida.
 - ✓ Riegos de liga.
 - ✓ Riegos de sello con arena o gravilla seleccionada.
- Morteros asfálticos o slurry seal (sólo con emulsiones asfálticas).
- Bacheo.
- Mezcla cerrada y mezcla abierta.
- Grava - emulsión y arena – emulsión.
- Penetración.
- Impregnación

2.2.1 VENTAJAS EN CUANTO A LOS USOS DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.

En esta sección se mencionan las ventajas que presenta la utilización de las emulsiones asfálticas sobre los asfaltos rebajados y las mezclas asfálticas en fundido (en caliente) debido a factores técnicos como económicos.

¹¹ (Transporte, 2001) (UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR (UES), 2013)

- Es un ligante asfáltico no contaminante para el medio ambiente ni peligroso para las personas que lo manipulan, ya que contiene del 35 al 40% de agua como solvente reduciendo sustancialmente la emisión de gases y el peligro de trabajar con temperaturas elevadas.
- Su manejo es sencillo y seguro, gracias a su baja viscosidad a temperatura ambiente facilitando así el proceso de aplicación y mezclado.
- Tiene un límite de almacenamiento muy amplio, ya que puede ser almacenado por semanas o meses, debido entre otras cosas a la igualdad de las densidades de sus componentes permitiendo así su utilización en forma directa a la que se empleara.
- Tiene una gran capacidad de adhesión con cualquier agregado pétreo, a pesar de condiciones de humedad adversas debido a la enorme dispersión de las partículas de asfalto de tamaño muy pequeño y al uso de agentes emulsificantes de tipo catiónico ampliando las condiciones en las que se puede utilizar.
- Se aplica en un lapso muy corto de tiempo, lo que permite la pronta funcionalidad de la obra en que se esté usando disminuyendo el periodo de cierre de las vías de transporte.
- Presenta un bajo costo de la fase dispersante, que es el agua minimizando los costos en que se incurre para la ejecución de las obras.
- Se emplean materiales pétreos locales, lo que elimina la transportación de este tipo de materiales por grandes distancias.
- El equipo de aplicación es mucho más sencillo debido a que todos sus componentes se aplican a temperatura ambiente al no requerir el secado y calentamiento previo de los materiales que se utilizaran.
- Por su aplicación en frío, ayuda a no alterar el medio ambiente y queda suprimida la emisión de humos o gases con altos contenidos de carbono.
- El empleo del agua como solvente no crea problema de su desperdicio, ya que es recuperable además de ser un elemento que el medio ambiente puede asimilar sin alterarlo en forma significativa.

2.2.2 CLASIFICACIÓN Y TIPO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS SEGÚN SU USO.

Podemos mencionar que existen dos tipos de emulsiones:

- Emulsiones formadas por materia finamente dividida (sistema de 2 o más fases).

En el caso de emulsiones asfálticas, las sustancias no miscibles son el agua y el asfalto. Adicionalmente se tiene el emulgente el cual se deposita en la interfaz agua-asfalto y estabiliza la emulsión; éste depende del tipo de emulsión requerida, por lo que es determinante para poder clasificar la emulsión. En resumen, una Emulsión Asfáltica consiste de tres componentes básicos: asfalto, agua y un agente emulsivo. En pocas palabras la Emulsión Asfáltica es una dispersión de asfalto en agua, algunas veces con la presencia de fluidificantes (aditivos), la cual se mantiene estable por la presencia de agentes tensos activos especiales, llamados Emulsificantes. Cuando el asfalto es mecánicamente separado en partículas microscópicas y dispersadas en agua con un agente emulsivo, se convierte en una emulsión asfáltica. Las pequeñísimas gotas de asfalto se mantienen uniformemente dispersas en la emulsión hasta el momento en que esta es utilizada. En el estado de emulsión, las moléculas del agente emulsivo se orientan rodeando a las gotitas de asfalto. La naturaleza química del sistema emulsivo/asfalto/agua determina las características de la dispersión y la estabilidad de la suspensión.

En general y de manera más técnica se puede definir una emulsión como la dispersión de pequeñas partículas de asfalto ($0,1 \mu\text{m}$, $\mu\text{m} = \text{micrómetro} = 10^{-6} \text{ m}$) en una solución de agua y aditivos, que hacen posible su manipulación y colocación en obra, a temperatura relativamente cercana al ambiente.

Tabla 4. Clasificación general de una emulsión.

Por la carga del glóbulo.	Por el tamaño de la partícula	Por su tipo
Aniónicas	Emulsión	Aceite / Agua
Catiónicas	Micro emulsión	Agua / Aceite
No iónicas		Agua / Aceite / Agua

2.2.3 ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.

- **En Física:**

Metalurgia, aleaciones, cerámicas, cementos, polímeros, filtros, aerosoles, espumas, electroforesis, tratamiento de aguas, purificación de agua, recuperación de petróleo, etc.

- **En Química:**

Fenómenos de absorción, intercambio iónico, cromatografía GPC, nefelometría, ósmosis, catálisis, detergentes y jabones, pinturas, adhesivos, tintas, emulsificantes, colorantes, papel, lubricantes, recubrimientos, pigmentos, espesantes, etc.

- **En Biología:**

Micro-encapsulación, virus, proteínas, ácidos nucleicos, hematología, alimentos, cosméticos, saborizantes, etc.

La investigación está orientada en áreas de aplicación físicas, químicas y usos, debido a que se describen características externas e internas de las emulsiones las cuales son de interés para cumplir con los objetivos de la investigación.

2.2.4 APLICACIONES EN EL SALVADOR DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.

En cuanto a conservación del pavimento en lo que a El Salvador se refiere, el Micro-pavimento en frío o conocido en el mundo como Micro-surfacing, es uno de los principales referentes junto a los sellos, tratamientos superficiales, imprimeación, sello de niebla (Fog Seal) y en conjunto con las lechadas asfálticas y reciclados. La ISSA (International Slurry Surfacing Association) define los Micro-pavimentos como un tipo más avanzado o superior de lechada asfáltica, de mayor estabilidad, capaz de ser distribuida en espesores variables de hasta 50 mm. Los Micro-pavimentos pueden corregir un mayor número de irregularidades superficiales presentes en un pavimento en comparación por ejemplo con una lechada asfáltica, considerando esta última según la ISSA como una mezcla de agregado (incluyendo el filler), emulsión asfáltica de rompimiento rápido, agua y aditivo, la que es distribuida uniformemente sobre la superficie de un pavimento existente, en espesores que pueden variar desde los 3 a 10 mm.

En muchas ocasiones en El Salvador se ha confundido el termino de Lechada asfáltica con un Micro-pavimento, un aspecto propio de un Micro-pavimento es que se utiliza una emulsión asfáltica modificada es decir se hace necesario la incorporación de polímeros, por lo que el asfalto residual presenta mejor comportamiento reológico (capacidad de la materia para fluir).

En El Salvador como se ha mencionado a lo largo del presente trabajo, el tipo de Emulsión que obedece a las características de los materiales pétreos utilizados en la construcción de carreteras con la capa de rodadura asfáltica es de tipo catiónica, por tanto el micro-pavimento se convierte en una de las principales alternativas ante la conservación de este tipo de pavimentos, incluyendo las lechadas asfálticas, y recientemente el reciclado de pavimentos, que obedece a la creciente sensibilización social acerca de la necesidad de preservar el medio ambiente, basado en la reutilización de los materiales del pavimento defectuoso, tema actual para El Salvador.

En el presente capítulo se abordará especialmente el Micro-pavimento, incluyendo una aplicación práctica del mismo, razón por la cual será el objeto de estudio, sin dejar de lado el mortero asfáltico (Slurry Seal) o comúnmente conocida en nuestro medio como lechada Asfáltica, ya que como se dijo es una de las aplicaciones de las emulsiones de más renombre en El Salvador y que sirve como para parámetro comparativo con el micro-pavimento, finalizando con la actualidad sobre el uso de emulsiones en El Salvador, haciendo referencia al reciclado de pavimentos, involucrando un inventario acerca de las aplicaciones de las emulsiones en El Salvador.

El micro-pavimento se define como una mezcla asfáltica de alto rendimiento para pavimentación, compuesta de agregados 100% triturados con granulometría bien definida, emulsión asfáltica modificada con polímeros CQS, cemento Portland, agua y aditivos para controlar la ruptura en campo. Se aplica de manera efectiva como sello de pavimentos envejecidos, sello de grietas superficiales, detienen la desintegración y dotan de propiedades anti derrapantes, también cuenta con propiedades impermeabilizantes.

Comparando con respecto a una lechada asfáltica convencional (Slurry Seal) el micro-pavimento (Micro-surfacing) ofrece las siguientes ventajas:

- Incrementa la durabilidad del pavimento en zonas de altura (reducción del envejecimiento por fatiga térmica).
- Rápida apertura al tránsito (se puede abrir a la hora de ser aplicada la mezcla).

- Permite rellenar ahuellamiento, seguido de una segunda capa provee un apropiado drenaje al agua, reduciendo la posibilidad de hidropneumático en la superficie.
- Mejora las propiedades antiderrapantes (en zonas de curvas y pendientes pronunciadas) y provee mejor impermeabilidad.

2.2.5 DISEÑOS DE MEZCLAS CON AGREGADOS Y EMULSIONES ASFÁLTICAS, COMO EL MAYOR USO EN EL PAÍS.

La metodología de diseño para los micro-pavimentos ha sido desarrollada por la ISSA en el Manual ISSA A-143 (International Slurry Seal Association), asimismo ASTM D 6372- 99^a “Estándar Practice for Design, Testing and Construction of Microsurfacing” considera un procedimiento para el diseño, ensayos y construcción de micro pavimentos.

Con los cuales debe haber una excelente selección de los agregados pétreos, Los agregados (excluyendo los finos minerales) constituyen entre el 82 y el 90 % del peso de Micro-pavimentos y sellos, estos deben estar triturados, limpios, duros y libres de químicos, u arcillas y otras materias que puedan afectar su adherencia mezclado y colocación, El agregado debe ser limpio, anguloso, durable, bien graduado, y uniforme. Debe emplearse material de trituración en un 100%.

- Los requisitos mínimos normados para un agregado o mezcla de agregados son:
Equivalente de arena, ASTM D 24198 (AASHTO T 176) > 65
- Durabilidad ASTM C88 (AASHTO T 104)
= 15 % (utilizando sulfato de sodio, Na₂SO₄), o = 25 % (utilizando sulfato de magnesio, MgSO₄)
- Pérdida en la Prueba los Ángeles ASTM C 131 (AASHTO T 96)
= 30 % máximo.
- Azul de Metileno ISSA TB 145 < 10

Este ensayo a través de los valores de reactividad de los finos del agregado nos determina las características del emulsificante químico a utilizar en el diseño de la emulsión asfáltica y porcentaje de aditivo retardador.

- De acuerdo a la norma ASTM D 546 – AASHTO T37, se pueden utilizar indistintamente como relleno mineral: cemento Portland Tipo I, cal hidratada, polvo de piedra caliza o ceniza volcánica, con un porcentaje máximo del 2 %. La adición de este relleno mineral tiene como finalidad incrementar las propiedades de manejabilidad en la mezcla, así como, mejorar la parte fina de la curva granulométrica de los agregados, influyendo en el comportamiento a la ruptura y curado del mortero asfáltico.

- Las emulsiones asfálticas como ya se ha mencionado durante este capítulo, son la dispersión de pequeñas micro-partículas de asfalto dentro de una matriz acuosa. Las emulsiones típicamente contienen entre un 40% al 75% de asfalto, son líquidos de consistencia que van desde lechosas hasta espesas. El tamaño de la partícula está en un rango desde 0.01 a 20 micrones de diámetro. Para los micro – pavimentos (micro – surfacing) se utilizan emulsiones asfálticas modificadas con polímeros tipo CQS-1P, en El Salvador la más utilizado es la Emulsión Catiónica de Rompimiento Acelerado (CQS-1hp).

- Pruebas a las emulsiones asfálticas.
Pruebas de control de calidad en la producción:
 - ✓ Contenido de asfalto residual en la emulsión asfáltica: determina el contenido de asfalto de acuerdo a norma ASTM D 244 – AASHTO T 59.
 - ✓ Penetración del residuo de la emulsión: define la dureza del asfalto como se especifica en normas ASTM D-2397 – AASHTO T 49.

- Pruebas generales de emulsiones asfálticas:
 - ✓ Viscosidad ASTM D-244.- Determina la manejabilidad de la emulsión en el campo.
 - ✓ Asentamiento ASTM D-244.- Determina la estabilidad al almacenamiento.
 - ✓ Tamizado ASTM D-244.- Determina la estabilidad al manejo y al almacenamiento prolongado.

- Ensayos al agua: es el principal factor en la determinación de la consistencia del mortero asfáltico durante su producción y aplicación, formando parte importante en la estabilidad de la mezcla.

- Dependiendo del porcentaje de humedad que contienen los agregados se determinará la adición de agua como recubrimiento en la mezcla. Generalmente la cantidad de agua a añadirse es de aproximadamente 10% respecto al peso del agregado seco.
 - ✓ Si el agua es potable no es necesario practicar ensayos, sin embargo, si el agua es excesivamente alta en minerales (magnesio, hierro, calcio, etc.) se deberá reducir estos elementos usando químicos ablandadores, además es recomendable un pH neutro.

2.2.6 DISEÑOS DE EMULSIONES MODIFICADAS.

- **Polímeros:**

El objetivo de la utilización de polímeros en mezclas de micro-pavimentos es reducir la susceptibilidad del ligante a los cambios térmicos en la vía, mejorando las propiedades de cohesión y adhesión, incrementa la rigidez, permitiendo mayor durabilidad que los morteros asfálticos (slurry seal) por lo que se utilizan en proyectos de recuperación de ahuellamientos en climas cálidos y repavimentación de vías de alto tráfico o vías ubicadas en zonas de altura. Pueden ser mezclados con el cemento asfáltico en la planta de emulsión, antes del proceso de Emulsificación. La cantidad mínima y el tipo del polímero modificador deberá ser determinada por el laboratorio responsable del diseño de mezcla. La cantidad de polímeros sólidos deberá basarse en el contenido del residuo asfáltico en peso; para mezclas de micro pavimentos se especifica esta cantidad en un porcentaje del 3 al 4%. Los polímeros utilizados en morteros asfálticos son los mismos que se aplican en otras mezclas asfálticas. El látex natural como se vio en capítulo II generalmente es el más común, el estado de este especialmente El Salvador es líquido, pudiéndose utilizar también otros como: SBR (Styrene Butadiene-Rubber), SBS (Styrene-Butadiene- Styrene) y EVA (Ethylene-Vinil Acetate).

- **Aditivo de control de rotura en campo:**

La alta temperatura y reactividad de los agregados condicionan al rompimiento y curado del mortero asfáltico. Para ajustar este proceso en el campo es necesario adicionar aditivos químicamente similares a los emulsificantes.

▪ **Ensayos para el diseño de mezclas con emulsiones asfálticas:**

✓ **Ensayo de Consistencia con el Cono (ISSA TB 106).**

Este ensayo se utiliza para determinar la cantidad de agua requerida para lograr estabilidad y trabajabilidad en la mezcla, El ensayo utiliza el cono del ensayo de absorción de arena ASTM C-128 o AASTHO T-84, y una base de escala de flujo, también se utiliza para el control de campo.

✓ **Prueba de mezclado manual (ISSA TB 113).**

Esta prueba es el primer paso en el diseño de mezclas de Slurry Seal, se elaboran pequeñas mezclas de 100 a 200 gr en vasos que se tengan disponibles, la mezcla en el vaso también es útil para entrenar a los operadores de la maquina en familiarizarse con la apariencia visual y las propiedades mecánicas de la mezcla (cohesión).

✓ **Prueba de cubrimiento bajo agua (ISSA TB 114).**

El propósito de esta prueba es ayudar a los diseñadores en la selección de un sistema de Slurry Seal compatible con un agregado específico. La formulación de la emulsión, el filler mineral y los aditivos pueden ser evaluados rápidamente en su habilidad de mantener el cubrimiento del árido bajo la condición de la prueba.

Consiste en tomar una muestra curada de 10 gr. De una mezcla representativa, esta puede ser obtenida del ensayo de consistencia ISSATB 106 o de ISSA TB 113, esta se coloca en un vaso de 600 ml con 400 ml de agua destilada que se coloca sobre una hornilla caliente y se deja hervir durante 3 minutos, después que se deja enfriar se escurre el agua y se retira la muestra y se deja caer agua hasta que salga agua clara, finalmente la muestra se coloca en un papel absorbente y se estima el área de agregado cubierto con asfalto haciendo un reporte del porcentaje de área cubierta en relación con la superficie del agregado:

- 90 % de cubrimiento retenido es satisfactorio
- 75% a 90% es juzgado marginal
- Menos de 75 % no es satisfactorio (Se tendrá que reformular la emulsión asfáltica)

✓ **Prueba de cohesión en húmedo (ASTM D 3910).**

Este ensayo nos muestra la evolución de la consistencia de la mezcla en función al tiempo de curado, nos permite determinar las características de rompimiento de la mezcla y grado de cohesión entre el agregado y la emulsión, así como los tiempos de apertura al tráfico dependiendo de las condiciones del clima en el área de aplicación. El procedimiento tiene como base la preparación de varios especímenes a diferentes porcentajes de emulsión asfáltica, los que son vaciados en anillos metálicos de 60 mm de diámetro con espesores de 6 y 10 mm. Una vez producida la ruptura de la emulsión se retira el anillo y se someten los especímenes al ensayo de cohesión propiamente realizando el siguiente procedimiento:

- Se posiciona el espécimen bajo el brazo de un cilindro neumático cuyo vástago metálico tiene en una pieza de neopreno de una pulgada de diámetro. Los especímenes son probados a 15, 30 y 60 minutos después de su preparación.
- Se aplica una presión en el cilindro neumático de 25 PSI (200 KPA) al mismo tiempo que se gira un torquímetro y se mide el valor obtenido al giro.

Resultados:

- Si el valor obtenido llega a 20 kg/cm² la mezcla ofrecerá una apertura rápida al tráfico además de tener buena cohesión para resistir cargas de tráfico sin daños a la mezcla, este valor se indica como el valor mínimo para la apertura al tráfico.
- Si el valor llega a 12 Kg-cm la mezcla ha logrado su ruptura.

✓ **Determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica.**

Se considera la metodología desarrollada por la ISSA A 105 (International Slurry Surfacing Association) en lo referente a morteros asfálticos, ya que es el mismo procedimiento para obtener el contenido óptimo de emulsión asfáltica que para micro-aglomerados detallado en ISSA A 143.

2.2.7 EL USO DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS EN LOS RECICLADOS DE PAVIMENTOS.

Se define el término “reciclado” como “la reutilización, usualmente luego de cierto grado de procesamiento, de una parte, de material que ya ha servido su propósito original y se ha retirado de una vía”. En lo relativo al reciclado de pavimentos asfálticos, existen varias metodologías disponibles en la actualidad. Consecuentemente, para cada proyecto en consideración para aplicar un sistema de reciclado debemos evaluar cuidadosamente el método más apropiado. Entre los factores deberíamos incluir previo a su aplicación están:

- Condición del pavimento existente.
- Espesores y tipos de los materiales que constituyen el pavimento existente.
- Requerimientos estructurales del pavimento reciclado.
- Disponibilidad local de aditivos para ser usados durante el proceso de reciclado.

2.2.8 TIPOS DE RECICLADOS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS CON EL USO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.

La Asociación de Reciclado y Recuperación de Asfalto (ARRA), reconoce cinco tipos de reciclados de pavimentos:

- **Fresado en frío:**

En este se remueve el pavimento asfáltico envejecido hasta una profundidad especificada y se procede a la restauración de la superficie, con las pendientes longitudinales y transversales deseadas, y libre de lomos, huellas y otras imperfecciones superficiales. La remoción del pavimento o fresado se completa con la máquina de tambor giratorio autopropulsada para cepillado en frío. El pavimento asfáltico recuperado (reclaimed asphalt pavement, RAP), del área de trabajo y que cumpla con las condiciones para ser reutilizado es cargado en camiones y acopiado para ser reciclado en caliente o en frío.

- **Reciclado en caliente:**

Se combina la mezcla asfáltica reciclada (RAP) con agregado nuevo y cemento asfáltico y/o agente de reciclado, para producir una mezcla asfáltica en caliente. Si bien se usan plantas en caliente por pastones, comúnmente las plantas empleadas para producir la mezcla reciclada son las de tambor. El RAP en su mayor parte es producido por fresado en frío, pero también puede elaborarse a partir de la remoción del pavimento y trituración. Los equipos y procedimientos para colocación y compactación de la mezcla son aquellos típicos de la mezcla asfáltica en caliente.

- **Reciclado en caliente in-situ:**

Este proceso ofrece la ventaja que las actividades de reciclado se llevan a cabo en el lugar de aplicación y el pavimento típicamente se procesa hasta una profundidad de 20-40mm (3/4-1½ pulgadas). El pavimento asfáltico es calentado, ablandado y escarificado hasta la profundidad especificada posteriormente se agrega a este una emulsión asfáltica u otro agente de reciclado, y empleando uno de los procesos antes mencionados, se incorpora nueva mezcla asfáltica en caliente en la medida necesaria. Los tres métodos de reciclado en caliente in-situ son termo-escarificación, repavimentación y remezclado.

- **Reciclado en frío:**

Si bien el reciclado en frío se realiza también empleando la planta central o fija, el método más comúnmente utilizado es el reciclado en frío in-situ (Cold in-place recycling, CIR). En el CIR, habitualmente el pavimento asfáltico existente es procesado hasta una profundidad de 50-100 mm (2-4 pulgadas). El pavimento es pulverizado y el material recuperado se mezcla con la emulsión asfáltica o el agente de reciclado emulsionado; luego, se extiende y compacta, construyéndose así una base que será utilizada para la colocación de una nueva carpeta asfáltica debido a que las bases recicladas en frío requieren una nueva superficie asfáltica. Para pavimento de bajo tráfico, puede aplicarse un tratamiento de superficie con una emulsión. Para tráfico intenso, puede aplicarse un tratamiento de superficie con emulsión modificada o una carpeta de rodamiento con una mezcla asfáltica.

- **Recuperación full-depth:**

En este método, toda la sección de pavimento, y algunos casos un volumen predeterminado del material subyacente, se mezcla con emulsión asfáltica para construir una base estabilizada. Con este proceso constructivo, los problemas en la base pueden ser corregidos. La recuperación full-depth consiste en seis etapas básicas: pulverización, incorporación de aditivos y/o de emulsión, extendido, compactación, perfilado y colocación de la nueva superficie asfáltica. El reciclado full-depth y reciclado en frío son los dos métodos en los que las emulsiones asfálticas se utilizan con mayor frecuencia y por ende los más aplicados en El Salvador.

- **Mantenimiento de vías utilizando emulsiones:**

Es una serie de actividades que deben ejecutarse cada cierto número de años, dependiendo de la clasificación y condiciones de la carretera, para evitar perder las condiciones originales de la misma, por deterioros ocasionados por las acciones de la naturaleza y por los usuarios.

Actividades Principales:

- ✓ Tratamiento de superficie, Sellos, Riego de lechadas asfálticas, micro-surfacing, Otros tipos de tratamientos.
- ✓ Renovación de la superficie, Fresado, Reciclado, Colocación de carpetas asfálticas, Colocación de asfalto sobre capas de concreto hidráulico.
- ✓ Estabilización de bases, etc.

CAPITULO III:

INVESTIGACIÓN DE

CAMPO

CAPITULO III

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

3.1 ENSAYOS A LAS EMULSIONES ASFALTICAS.

3.1.1 TOMA DE MUESTRAS DE EMULSIONES ASFÁLTICAS BAJO LA NORMATIVA ASTM D 140 -16 (STANDARD PRACTICE FOR SAMPLING ASPHALT MATERIALS).

3.1.2 PROCEDENCIA DE LA MUESTRA

Para dicha investigación de laboratorio, se analizarán cuatro tipos de emulsiones asfálticas para conocer sus propiedades físicas y químicas las cuales serán CSS-1H, CSS-1HP, CQS-1HP Y CRS-2H, para obtener resultados de los tipos de emulsiones más usadas en El Salvador. Las emulsiones asfálticas corresponden a muestras proporcionadas por la empresa CATECO S.A. DE C.V. con el propósito de colaborar con el conocimiento más enriquecido del tema de emulsiones ya que en el medio de la construcción y mantenimiento de la red vial aún existen algunas dudas de los ensayos para cada tipo de emulsión y también de muchas dudas o confusión al momento de su aplicación en campo. Dentro de la producción de emulsiones asfálticas tenemos cuatro empresas involucradas como tal, de las cuales una de ellas se dedica a la comercialización de ellas y las otras tres producen netamente para uso interno en sus respectivos proyectos.

Las empresas que se dedican a producción de emulsiones asfálticas en El Salvador son:

- CATECO S.A DE C.V
- GRUPO ECON S.A DE C.V
- CONSTRUCTORA DISA S.A DE C.V
- ASFALTOS DE CENTROAMERICA S.A DE C.V

Las emulsiones asfálticas presentadas a continuación fueron elaboradas con un asfalto base conocido por AC-30 tabla 2, cumpliendo con la normativa ASTM D-3381, para las emulsiones convencionales y se modificó el asfalto para la emulsión CQS-1HP.

La procedencia de las muestras del material para esta investigación, provienen de la empresa que nos abrió sus puertas totalmente para obtener los estudios pertinentes, tanto de laboratorio como de campo es:

- **CATECO S.A DE C.V**

(Calidad y Técnicas en Construcción S.A de C.V, (CATECO S.A DE C.V) Recopilación de fuentes bibliográficas e historiales de ensayos dentro de las instalaciones.)

Carretera Antigua a San Salvador Km. 58 1/2, Cton. Primavera Lotificación Puerto Príncipe, Parcelación 1, Municipio de Santa Tecla, Departamento de Santa Ana, El Salvador, C.A.



Ilustración 8. Ubicación de planta asfáltica Cateco, Santa Ana.

3.1.2.1 MUESTREO DE MATERIALES.

Se muestrearon las diferentes emulsiones asfálticas antes mencionadas para su análisis en laboratorio lo cual comprende establecer un certificado de calidad por cada una de ellas y el muestreo se efectuó el día 6 de septiembre de 2024



Fotografía 1. Vista panorámica de la toma de muestra en plantel CATECO

Fuente propia, fotografía tomada en el lugar para muestreo de Emulsiones asfálticas

Se procedió a la toma de muestra para realizar los ensayos pertinentes y determinar su certificado de calidad que debe de cumplir con las especificaciones para cada tipo de emulsión según su grado de ruptura que puede ser lento, medio o controlado, y rápido. Para el caso de las emulsiones CSS-1H Y CRS-2H, usaremos la especificación ASTM D2397-20, realizar todos los ensayos que dicha especificación solicita y verificar que cumpla los parámetros estipulados para cada ensayo.

Para el caso de las emulsiones CSS-1HP Y CQS-1HP debido a que son emulsiones modificadas (que llevan cierta cantidad de polímero ya sea plastomero o elastómero para mejorar su desempeño), se van a analizar bajo la especificación AASHTO M316.

3.2 REALIZACION DE ENSAYOS EN LABORATORIO BAJO LA ESPECIFICACION ASTM D2397-20 PARA EMULSIONES CSS-1H Y CRS-2H.

La especificación ASTM D2397-20, que está en vigencia en la actualidad, es la que nos permitirá evaluar los parámetros de calidad para cada tipo de emulsión tratándose solo de las convencionales, y son los ensayos con sus respectivas normativas que se mencionan a continuación:



Fotografía 2. Preparación de muestra para ensayos en laboratorio.

Fuente propia, fotografía tomada en el lugar para muestreo de Emulsiones asfálticas.

Se vierten entre 800 a 1000 gramos de emulsión para realizar ensayo que conoce como tamizado bajo la normativa ASTM D6933-22, (STANDARD TEST METHOD FOR OVERSIZED PARTICLES IN EMULSIFIED ASPHALTS, SIEVE TEST), el cual determina si la emulsión tiene sobre tamaños de asfaltos que alteran su colocación y desempeño que normalmente se les llaman grumos, se utiliza la malla #20 para dicho ensayo.



Fotografía 3. Tamiz #20 para verificar el tamaño de partículas.

Fuente propia, fotografía tomada en CATECO LAB, Emulsiones asfálticas.

Se procede a pesar entre 800 a 1000 gramos de emulsión para luego pasarla por el tamiz #20.



Fotografía 4. Prueba del ensayo del tamiz.

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

Luego que se pasa toda la emulsión se lleva el tamiz a un grifo de agua para lavar todo el excedente de emulsión y dejar solamente los grumos presentes en la muestra, tal y como se muestra en la siguiente figura.



Fotografía 5. Peso final de Tamiz.

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

RESULTADOS DE EMULSIONES CATIONICAS DE ROMPIMIENTO LENTO Y RAPIDO

Tabla 5. Prueba de Tamiz para CSS-1H

PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933		
PESO DE TAMIZ + FONDO	A	145.9780
PESO DE RECIPIENTE + EMULSION	C	1266.600
PESO DE RECIPIENTE VACIO	D	285.2000
PESO DE TAMIZ + FONDO + RESIDUO	B	146.4380
% SOBREPARTICULAS = ((B-A)/(C-D))X100		0.04687

Tabla 6. Prueba de Tamiz para CRS-2H

PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933		
PESO DE TAMIZ + FONDO	A	146.5980
PESO DE RECIPIENTE + EMULSION	C	1264.200
PESO DE RECIPIENTE VACIO	D	285.2000
PESO DE TAMIZ + FONDO + RESIDUO	B	147.1300
% SOBREPARTICULAS = ((B-A)/(C-D))XS100		0.05434

3.2.1 ENSAYO DE VISCOSIDAD POR MEDIO DEL VISCOSÍMETRO DE PALETAS, BAJO LA NORMATIVA ASTM D 7226.

El siguiente ensayo para realizar es la verificación del nivel de viscosidad, para esto existen dos métodos para hacerlo, que son el viscosímetro Saybolt furol y en el laboratorio de CATECO que se usa el viscosímetro rotacional de paletas bajo la normativa ASTM D7226-13 Re aprobada en el año 2023, (STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING THE VISCOSITY OF EMULSIFIED ASPHALTS USING A ROTATIONAL PADDLE VISCOMETER).

Se llena el recipiente hasta la marca de aforo para luego colocarla en el compartimento del equipo para iniciar la medición de viscosidad.



Fotografía 6. Ejecución de ensayo de Viscosidad en Viscosímetro de paletas.

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

Tabla 7. Viscosidad de CSS-1H

**DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA
USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D-7226)**

TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (25 °C):	1ra Lectura	2da Lectura	3era Lectura
LECTURA DE VISCOSIDAD	144.8	144.1	145.0
PROMEDIO		144.6	

Tabla 8. Viscosidad de CRS-2H

**DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA
USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D-7226)**

TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (50 °C):	1ra Lectura	2da Lectura	3era Lectura
LECTURA DE VISCOSIDAD	366.4	370.2	367.8
PROMEDIO		368.1	

**3.2.2 ENSAYO DE ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO DE EMULSIONES
ASFÁLTICAS BAJO LA NORMATIVA ASTM D6930.**

Se llena una probeta graduada de 500 ml para realizar su evaluación a 24 horas o a 5 días dependiendo de las especificaciones técnicas o del nivel de estabilidad que el interesado necesite o más le convenga, pero la especificación exige cumplir a 24 horas con un máximo de 1% entre el top que sería la parte de arriba de la probeta con respecto al fondo de la misma probeta.



Fotografía 7. Prueba de estabilidad al almacenamiento.

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

Después de transcurridas las 24 horas se procede a recuperar los 50 ml de la parte superior de la probeta y los 50 ml de la parte inferior de la misma probeta para hacerle el ensayo de residuo asfáltico y la diferencia entre ambos resultados no debe de exceder de 1%. Este ensayo es uno de los más importantes ya que informa acerca de lo estable que puede ser la emulsión.

Tabla 9. Estabilidad a 24 Hr de CSS- 1H

PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930

	TOP	FONDO
PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	310.6	316.8
PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	360.6	362.7
PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	339.8	343.7
% R.A. = $1 - ((B-C)/(B-A))$	58.40	58.61
% DE SEDIMENTACION: (% R.A. (FONDO) - % R.A. (TOP))	0.21	

El resultado en la CSS-1H se da por satisfactorio debido a que en 24 horas el máximo es 1%.

Tabla 10. Estabilidad a 24 Hr de CRS-2H

PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930

	TOP	FONDO
PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	310.6	316.8
PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	360.5	366.7
PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	343.4	349.7
% R.A. = $1 - ((B-C)/(B-A))$	65.73	65.93
% DE SEDIMENTACION: (% R.A. (FONDO) - % R.A. (TOP))	0.20	

El resultado en la CRS-2H se da por satisfactorio debido a que en 24 horas el máximo es 1%.

3.2.3 ENSAYO DE RESIDUO ASFALTICO POR EVAPORACIÓN BAJO NORMATIVA ASTM D6934.

Se procede a utilizar recipientes de vidrio de 1000 ml (beaker) para colocar la cantidad de 50 grs de emulsión más o menos 0.1 grs.



Fotografía 8. Residuo por evaporación.

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

La norma brinda 2 métodos para obtener el porcentaje de asfalto (A y B) en la emulsión, uno es colocar los 3 beaker en un horno a 163 grados Celsius durante un periodo de tres horas, homogenizando cada muestra en periodos de una hora, (este método A se usa cuando el asfalto recuperado será analizado para ensayos).

Y el segundo método B es de pre-evaporar los tres beaker con emulsión y luego colocarlos durante una hora al horno a 163 grados Celsius, (este método es cuando solo se requiere conocer el porcentaje de asfalto en la emulsión). La diferencia de los tres no debe de exceder de 0.4% en peso entre cada una de ellas. Y el porcentaje mínimo para estas emulsiones es del 57%.

Tabla 11. Residuo por evaporación de CSS-IH

RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)			
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA (B)	316.4	315.6	321.6
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + EMULSION (B1)	366.5	365.5	371.6
PESO DE EMULSION (A) (50 ± 0.1 g)	50.1	49.9	50.0
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + RESIDUO (A)	345.7	344.9	351.0
% RESIDUO ASFALTICO = 2 (A - B)	58.6	58.6	58.8
Promedio	58.7%		

Tabla 12. *Residuo por evaporación de CRS-2H*

RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)			
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA (B)	292.2	282.6	301.0
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + EMULSION (B1)	342.2	332.6	351.0
PESO DE EMULSION (A) (50 ± 0.1 g)	50.0	50.0	50.0
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + RESIDUO (A)	325.0	315.4	333.8
% RESIDUO ASFALTICO = 2 (A - B)	65.6	65.6	65.6
Promedio	65.6%		

3.2.4 ENSAYO DE RESIDUO ASFALTICO POR DESTILACIÓN ASTM D 6997

Para dicho ensayo se llena el alambique con 200 gramos de emulsión que se disponen a calentar en una llama para evaporar el agua atrapada en la emulsión, por un máximo de 75 minutos, para luego por formula y pesos previos se obtiene el resultado.

Tabla 13. *Residuo por destilación de CSS-1H*

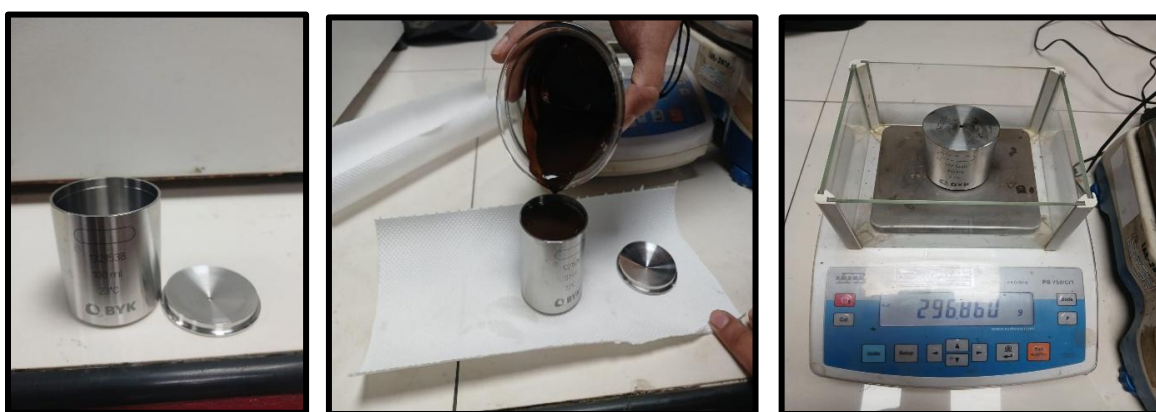
RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997		
PESO DE ALAMBIQUE VACIO	A	2336.20
PESO ALAMBIQUE +EMULSION	A1	2537.90
PESO EMULSION (A1 - A) (200 ± 1 g)	C	201.70
PESO ALAMBIQUE + RESIDUO	B	2454.40
% RESIDUO ASFALTICO = (B-A)/C X 100		58.60
TIEMPO DE DURACION DESTILACION	75 max (minutos)	63
ml DE ACEITE DESTILADO EN PROBETA	D	1.0
% DE ACEITE DESTILADO (D/C)		0.50%

Tabla 14. *Residuo por destilación de CRS-2H*

RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997		
PESO DE ALAMBIQUE VACIO	A	2336.20
PESO ALAMBIQUE +EMULSION	A1	2535.90
PESO EMULSION (A1 - A) (200 ± 1 g)	C	199.70
PESO ALAMBIQUE + RESIDUO	B	2466.70
% RESIDUO ASFALTICO = (B-A)/C X 100		65.35
TIEMPO DE DURACION DESTILACION	75 max (minutos)	63
ml DE ACEITE DESTILADO EN PROBETA	D	1.0
% DE ACEITE DESTILADO (D/C)		0.50%

3.2.5 ENSAYO DE PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSIÓN A 25°C ASTM D 6937

Para este ensayo se tiene una copa de acero inoxidable debidamente pesada y por norma se establece un factor de copa para corregir los pesos iniciales con la muestra para obtener la densidad de la emulsión. Cabe destacar que es un ensayo en el que las especificaciones no lo solicitan, ni existen parámetros que deben de cumplir, debido a que es un resultado netamente informativo y para efectos de despacho del producto.



Fotografía 9. Ensayo de Densidad

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

Tabla 15. Ensayo de densidad de CSS-1H

PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 25 C ASTM D 6937		
PESO DE EMULSION EN LA COPA	G	103.0140
FACTOR DE COPA	0.8355	86.0682
DENSIDAD A 25 °C EN g/Lt	G x 11.98	1031.1
DENSIDAD A 25 °C EN LIBRAS/GLN	G/10	8.6068
DENSIDAD A 15 °C EN LIBRAS/GLN	x 1.00475	8.648
PESO POR GALON A 15.6 °C = DENSIDAD/2.2041 (Kg/Gln)		3.923

Tabla 16. Ensayo de densidad de CRS-2H

PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 25 C ASTM D 6937		
PESO DE EMULSION EN LA COPA	G	103.0230
FACTOR DE COPA	0.8355	86.0757
DENSIDAD A 25 °C EN g/Lt	G x 11.98	1031.2
DENSIDAD A 25 °C EN LIBRAS/GLN	G/10	8.6076
DENSIDAD A 15 °C EN LIBRAS/GLN	x 1.00475	8.648
PESO POR GALON A 15.6 °C = DENSIDAD/2.2041 (Kg/Gln)		3.924

3.2.6 ENSAYO DE MEZCLA DE CEMENTO ASTM D 6935

Este ensayo solamente se le hace a las emulsiones de rompimiento lento, y consiste en tomar una muestra de emulsión y reducir su residuo asfáltico original a un 55%, (recordemos que para ambas emulsiones lentas en este documento el residuo mínimo a cumplir es de 57%), se toma una muestra de 100 ml de emulsión rebajada a 55% y se le colocan 50 grs de cemento (cemento ARI 5000 TIPO HE), y se agita por 1 minuto, luego se agregan 150 ml de agua destilada para agitar por 3 minutos más, pasado el tiempo, se pasa por una malla de abertura 1.40 mm por decantación y lavado en grifo hasta dejar solo las partículas retenidas en dicha malla (la malla debió ser debidamente pesada al inicio), luego la malla se coloca en un horno a 163°C durante 1 hora. Después se saca, se deja enfriar y se determina la masa de la malla.



Fotografía 10. Ensayo de Mezcla con Cemento

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

Tabla 17. Ensayo de Mezcla de Cemento

PRUEBA DE MEZCLA DE CEMENTO ASTM D 6935	
PESO DE MALLA INICIAL gr	440.8
PESO DE MALLA FINAL gr	441.2
DIFERENCIA:	0.4

3.2.7 ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD DE EMULSIONES ASFÁLTICAS ASTM D 6936

Este ensayo sirve para determinar la ruptura química de la emulsión asfáltica, cuantifica la cantidad de asfalto que se separa o rompe de la emulsión cuando se expone a cantidades específicas de un agente rompedor. Este ensayo es crucial para evaluar la estabilidad y rendimiento de la emulsión asfáltica, asegurando que se rompan o fragüen correctamente durante la aplicación.

Tabla 18. Ensayo de Demulsibilidad de CRS-2H

ASTM D 6936: ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD DE EMULSIONES	1	2	3
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA (a)	331.3	331.3	417.6
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + EMULSION (b)	431.3	431.3	517.6
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + GRUMO DE ASFALTO LUEGO DE SECAR X 1h A 163 °C (c)	365.1	363.1	448.9
RESIDUO POR DEMULSIBILIDAD A = (c - a)	33.8	31.8	31.3
% DEMULSIBILIDAD = 100 x (A/B)	51.52	48.48	47.71
PROMEDIO		49.24	

3.3 ENSAYOS AL RESIDUO ASFALTICO.

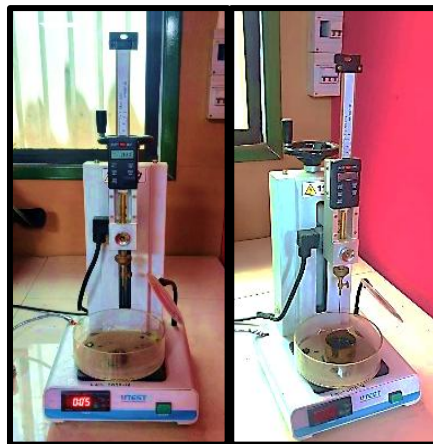
En este apartado se analiza el asfalto obtenido del ensayo de residuo asfaltico por el método de evaporación de 3 horas en horno a 163 grados Celsius, esto es muy importante conocerlo porque se debe tener en cuenta que las propiedades viscoelásticas se mantengan a pesar del proceso de emulsificación. Estos análisis se hacen debido a que las especificaciones que rigen las emulsiones solicitan que se realicen y sean reportados.

Se analizan los siguientes ensayos:

- Penetración.
- Punto de ablandamiento.
- Ductilidad.

3.3.1 ENSAYO DE PENETRACIÓN BAJO NORMATIVA ASTM D 5

Este ensayo nos permite conocer el grado de dureza del asfalto y por ende consiste en llenar una copa de metal con un peso aproximado de 100 gramos, se deja enfriar durante un tiempo mínimo de 1 hora para luego someterlo a un baño María, a 25 grados Celsius, más o menos 1 grado. El equipo a utilizar para la medición, es un penetrómetro digital, para mayor confiabilidad de los resultados, cada resultado es producto de tres mediciones diferentes, sometiendo la muestra a una aguja especificada en la norma con un peso de 100 grs durante un tiempo de 5 segundos. Se reportan las tres lecturas y calculando el promedio de las 3, expresadas en decimas de milímetros.



Fotografía 11. Equipo de penetración

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas

Tabla 19. Ensayo de penetración de CSS-1H

ASTM D 5/ AASHTO T 49: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg, (dmm)	
1	54.2
2	53.6
3	53.0
PROMEDIO	53.6

Tabla 20. Ensayo de Penetración de CRS-1H

ASTM D 5/ AASHTO T 49: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg, (dmm)	
1	52.8
2	53.2
3	54.0
PROMEDIO	53.3

Se hace mención que este equipo de igual manera es digital y el resultado de ensayo aparece en pantalla por lo que no se requiere calculo alguno.

3.3.2 ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO BAJO LA NORMATIVA ASTM D36 (ANILLO Y BOLA).

El siguiente ensayo permite conocer la temperatura a la cual tiende a fluir el asfalto y por eso es muy importante conocerlo, ya que indica una temperatura real a la cual el asfalto se reblandece, y teniendo en cuenta la temperatura ambiente que se maneja en El Salvador, podemos saber qué tipo de emulsión usar para un riego de liga, si se usa una convencional o una modificada.

El ensayo consiste en llenar un par de anillos de bronce con asfalto, luego se dejan enfriar por un tiempo mínimo de 1 hora, transcurrido el tiempo de enfriamiento se procede a cortar el exceso de asfalto para dejarlo a nivel del anillo, se colocan en un beaker de 700 ml con una armadura donde son colocados los anillos, la temperatura del baño maría será de 5 grados Celsius más o menos 1 grado durante 15 minutos, luego se colocan en el equipo que comienza a calentar, después de los primeros 3 minutos debe de cumplir una subida de temperatura constante de 4.5 grados Celsius más o menos 0.5 grados Celsius hasta finalizar el ensayo.

En los anillos se colocan dos bolitas de acero inoxidable con dimensiones y peso especificado en la norma antes mencionada con una canasta espaciadora que permite que la bola quede en el centro del anillo, al momento que caen las dos bolas a la placa de la armadura se toman las temperaturas de ambos y se registran las dos juntamente con su promedio.



Fotografía 12. Equipo de punta de ablandamiento.

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

Tabla 21. Ensayo de punto de reblandecimiento de CSS-IH

**PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36)
(AASHTO T-53):**

MINUTO	TEMPERATURA MEDIDA (°C)	RANGO DE TEMPERATURA (°C)
0		
1	7.6	7.6
2	11.2	3.6
3	16.3	5.1
4	20.5	4.2
5	25.0	4.5
6	30.2	5.2
7	35.5	5.3
8	40.1	4.6
9	45.2	5.1
10	48.2	3.0
ANILLO 1:	50.5	ANILLO 2: 50.9
PROMEDIO:	50.7	

Tabla 22. Ensayo de Punto de Reblandecimiento de CRS-1H

PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36)			
(AASHTO T-53):			
MINUTO	TEMPERATURA MEDIDA (°C)	RANGO DE TEMPERATURA (°C)	
0			
1	7.6		7.6
2	11.2		3.6
3	16.3		5.1
4	20.5		4.2
5	25.0		4.5
6	30.2		5.2
7	35.6		5.4
8	40.1		4.5
9	45.2		5.1
10	50.4		5.2
ANILLO 1:	51.0	ANILLO 2:	51.2
PROMEDIO:	51.1		

El resultado obtenido en el residuo asfáltico para la **CSS-1H** es: **50.7°c**

El resultado obtenido en el residuo asfáltico para la **CRS-2H** es: **51.1°c**

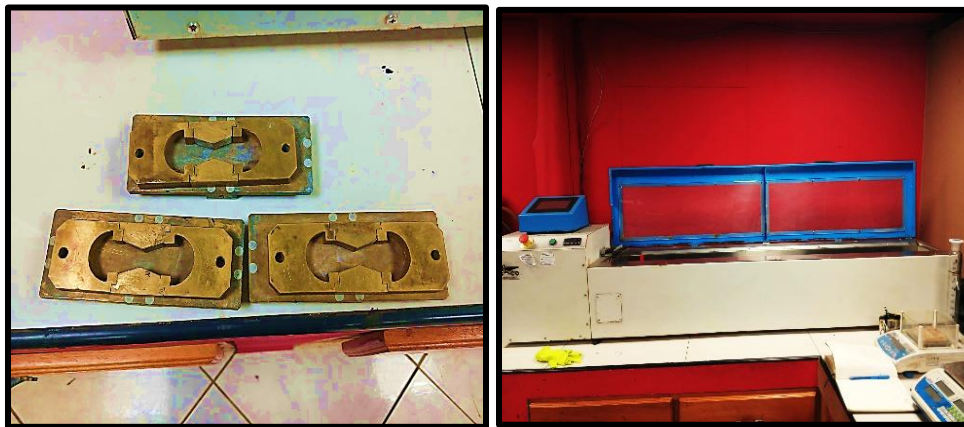
Se subraya que el equipo de igual manera es digital y el resultado es dado en pantalla, por lo que no se genera ningún cálculo.

3.3.3 ENSAYO DE DUCTILIDAD DE ASFALTO BAJO LA NORMATIVA ASTM D113

Este ensayo nos permite evaluar que tan dúctil se vuelve la muestra después de la emulsificada y la recuperación del asfalto por medio del ensayo de residuo asfáltico, para ellos se utilizan tres moldes especificados en la norma antes mencionada, utilizando un ductilometro con capacidad de elongar la muestra hasta 150 cms, pero para llegar hasta obtener los resultados hacemos lo siguiente:

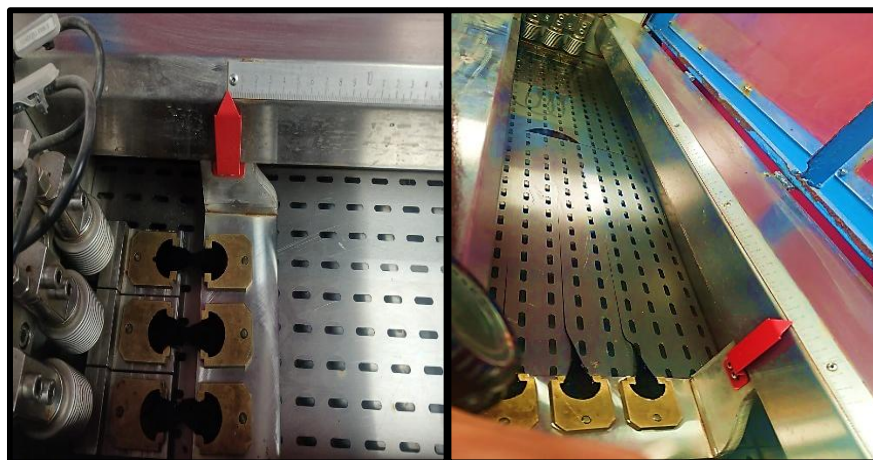
Se llenan los moldes por encima del nivel de ellos para dejar una capa que será cortada para dejarlos a nivel y poder ensayarlos, luego dejamos que se enfríen por un tiempo mínimo de 1 hora, el tiempo máximo no debe exceder del día de llenado de muestras, para evitar que se contamine con partículas externas como polvo o alguna otra sustancia perjudicial para el resultado.

Luego del tiempo de enfriamiento colocamos las muestras en un baño maría a 25 grados Celsius, por un tiempo de 1 hora mínimo, máximo 90 minutos, luego montamos las muestras en el ductilometro para que comience a elongar el asfalto a una velocidad de 5 centímetros por minuto, cabe resaltar que el valor mínimo que debe cumplir es de 40 centímetros para todos los tipos de emulsiones que estamos analizando en este documento.



Fotografía 13. Equipo de Ductilometro.

Fuente propia, tomada en Laboratorio CATECO LAB.



Fotografía 14. Ensayo en proceso de ductilidad

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones

El equipo cuenta con una regla graduada en centímetros hasta 150 por lo que cada lectura es leída en el instante que se rompe el asfalto y por eso no genera ningún calculo.

Tabla 23. *Ensayo de ductilidad de una emulsión CSS-1H*

ASTM D 113/AASHTO T 51: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
	92	88	104	95

Tabla 24. *Ensayo de ductilidad de emulsión CRS-1H*

ASTM D 113/AASHTO T 51: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
	86	98	114	99

3.4 REALIZACION DE ENSAYOS EN LABORATORIO BAJO LA ESPECIFICACION AASHTO M316 PARA EMULSIONES CSS-1HP Y CQS-1HP, DEBIDO A QUE SON MODIFICADAS CON POLIMEROS SE ANALIZAN BAJO ESTA ESPECIFICACION.

La especificación AASHTO M316, que está en vigencia en la actualidad, es la que nos permitirá evaluar los parámetros de calidad para cada tipo de emulsión tratándose solo de las modificadas, y son los ensayos con sus respectivas normativas que se mencionan a continuación:

Se vierten entre 800 a 1000 gramos de emulsión para realizar ensayo que se conoce como tamizado bajo la normativa ASTM D6933-22, (STANDARD TEST METHOD FOR OVERSIZED PARTICLES IN EMULSIFIED ASPHALTS, SIEVE TEST), el cual determina si la emulsión tiene sobre tamaños de asfaltos que alteran su colocación y desempeño que normalmente se les llaman grumos, se utiliza la malla #20 para dicho ensayo.

Tabla 25. Prueba de Tamiz para emulsión CSS-IHP

PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933		
PESO DE TAMIZ + FONDO	A	145.7680
PESO DE RECIPIENTE + EMULSION	C	1261.600
PESO DE RECIPIENTE VACIO	D	285.4000
PESO DE TAMIZ + FONDO + RESIDUO	B	146.2340
% SOBREPARTICULAS = ((B-A)/(C-D))x 100		0.04774

Nota: El ensayo se da por satisfactorio debido a que el máximo es 0.1%



Fotografía 15. Tamiz #20 para verificar el tamaño de partículas de las emulsiones asfálticas.

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, Emulsiones asfálticas.

Tabla 26. Prueba de Tamiz de emulsión CQS-IHP

PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933		
PESO DE TAMIZ + FONDO	A	145.2210
PESO DE RECIPIENTE + EMULSION	C	1266.600
PESO DE RECIPIENTE VACIO	D	285.2000
PESO DE TAMIZ + FONDO + RESIDUO	B	145.6870
% SOBREPARTICULAS = ((B-A)/(C-D))x 100		0.04748

Luego que se pasa toda la emulsión se lleva el tamiz a un grifo de agua para lavar todo el excedente de emulsión y dejar solamente los grumos presentes en la muestra, tal y como se muestra en la siguiente fotografía.



Fotografía 16. *Peso final de Tamiz*

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

3.4.1 ENSAYO DE VISCOSIDAD POR MEDIO DEL VISCOSÍMETRO DE PALETAS, BAJO LA NORMATIVA ASTM D 7226.

El siguiente ensayo para realizar es la verificación del nivel de viscosidad, para esto existen dos métodos para hacerlo que son el viscosímetro Saybolt furol y en el laboratorio de CATECO que se usa el viscosímetro rotacional de paletas bajo la normativa ASTM D7226-13 Re-aprobada en el año 2023, (STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING THE VISCOSITY OF EMULSIFIED ASPHALTS USING A ROTATIONAL PADDLE VISCOMETER).

Se llena el recipiente hasta la marca de aforo para luego colocarla en el compartimento del equipo para iniciar la medición de viscosidad.

Para las emulsiones modificadas el resultado fue el siguiente:

Tabla 27. *Prueba de Viscosidad de emulsión CSS-IHP*

DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D- 7226)			
TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (25°C):	1ra Lectura	2da Lectura	3era Lectura
LECTURA DE VISCOSIDAD	159.2	158.8	159.0
PROMEDIO	159.0		

Tabla 28. Prueba de Viscosidad de emulsión CQS-1HP

DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D-7226)			
TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (25°C):	1ra Lectura	2da Lectura	3era Lectura
LECTURA DE VISCOSIDAD (m.Pas)	163.2	165.1	165.9
PROMEDIO	164.7		

Ambos ensayos se dan por satisfactorios debido a que su rango según la normativa de clasificación es de 40 a 200 mPa.s

Para estos ensayos no se reporta ningún calculo debido a que el equipo es digital y automáticamente otorga el resultado en la pantalla, mitigando el error humano, además el rango permisible cambia considerablemente. **(Ver anexo de calibración de equipos)**

3.4.2 ENSAYO DE ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS BAJO LA NORMATIVA ASTM D 6930.

En esta prueba se llena una probeta graduada de 500 ml para realizar su evaluación a 24 horas o a 5 días dependiendo de las especificaciones técnicas o del nivel de estabilidad que el interesado necesite o más le convenga, pero la especificación exige cumplir a 24 horas con un máximo de 1% entre el top que sería la parte de arriba de la probeta con respecto al fondo de la misma probeta.

Después de transcurridas las 24 horas se procede a recuperar los 50 ml de la parte superior de la probeta y los 50 ml de la parte inferior de la misma probeta para hacerle el ensayo de residuo asfáltico y la diferencia entre ambos resultados no debe de exceder de 1%. Este ensayo es uno de los más importantes ya que nos informa acerca de lo estable que puede ser la emulsión.

Tabla 29. Prueba de Estabilidad al almacenamiento de emulsión CSS-1HP

PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930		
	TOP	FONDO
PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	316.2	316.8
PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	366.2	366.7
PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	345.8	346.5
% R.A. = 1-((B-C)/(B-A))	59.20	59.52
% DE SEDIMENTACION: (% R.A. (FONDO) - % R.A. (TOP))	0.32	

Tabla 30. Prueba de Estabilidad al almacenamiento de emulsión CQS-1HP

PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930		
	TOP	FONDO
PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	312.5	316.7
PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	362.6	366.7
PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	343.8	348.0
% R.A. = 1-((B-C)/(B-A))	62.48	62.60
% DE SEDIMENTACION: (% R.A. (FONDO) - % R.A. (TOP))	0.12	

Para ambas emulsiones asfálticas, el resultado se da por satisfactorio debido a que en 24 horas el máximo es 1%.

3.4.3 ENSAYO DE RESIDUO ASFALTICO POR EVAPORACIÓN BAJO NORMATIVA ASTM D 6934.

En esta práctica se procede a utilizar recipientes de vidrio de 1000 ml (beaker) para colocar la cantidad de 50 grs de emulsión más o menos 0.1 grs.

La normativa ASTM D6934 tiene dos métodos de obtener el porcentaje de asfalto en la emulsión.

El primero es colocar los 3 beaker en un horno a 163 grados Celsius durante un periodo de tres horas, homogenizando cada muestra en periodos de una hora, (este método se usa cuando el asfalto recuperado será analizado para ensayos). Y el segundo método es de pre-evaporar los tres beaker con emulsión y luego colocarlos durante una hora al horno a 163 grados Celsius, (este método es cuando solo se requiere conocer el porcentaje de asfalto en la emulsión). La diferencia de los tres no debe de exceder de 0.4% en peso entre cada una de ellas. Y el porcentaje mínimo para estas emulsiones es del 57% para la emulsión CSS-1HP, y para la emulsión CQS-1HP el resultado mínimo es de 62%.

Tabla 31. Prueba de residuo por evaporación de emulsión CSS-1HP

RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)			
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA (B)	315.1	315.7	317.2
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + EMULSION (B1)	365.2	365.6	367.2
PESO DE EMULSION (A) (50 ± 0.1 g)	50.1	49.9	50.0
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + RESIDUO (A)	344.6	345.3	346.6
% RESIDUO ASFALTICO = 2 (A - B)	59.0	59.2	58.8
Promedio	59.0%		

Tabla 32. Prueba de residuo por evaporación de emulsión CQS-1HP

RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)			
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA (B)	316.2	317.5	316.1
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + EMULSION (B1)	366.3	367.6	366.0
PESO DE EMULSION (A) (50 ± 0.1 g)	50.1	50.1	49.9
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + RESIDUO (A)	347.6	348.8	347.5
% RESIDUO ASFALTICO = 2 (A - B)	62.8	62.6	62.8
Promedio	62.7%		

3.4.4 ENSAYO DE RESIDUO ASFALTICO POR DESTILACIÓN BAJO NORMATIVA ASTM D 6997.

Para dicho ensayo se llena el alambique con 200 gramos de emulsión que se disponen a calentar en uno una llama para evaporar lo que el agua atrapada en la emulsión por un máximo de 75 minutos para luego por formula y pesos previos se obtiene el resultado.

Tabla 33. Prueba de residuo por Destilación de emulsión CSS-1HP

RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997		
PESO DE ALAMBIQUE VACIO	A	2336.20
PESO ALAMBIQUE +EMULSION	A1	2536.50
PESO EMULSION (A1 - A) (200 ± 1 g)	C	200.30
PESO ALAMBIQUE + RESIDUO	B	2453.90
% RESIDUO ASFALTICO = (B-A)/C X 100		58.76
TIEMPO DE DURACION DESTILACION	75 max (minutos)	61
ml DE ACEITE DESTILADO EN PROBETA	D	1.1
% DE ACEITE DESTILADO (D/C)		0.55%

Tabla 34. Prueba de residuo Destilación de emulsión CQS-1HP

RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997		
PESO DE ALAMBIQUE VACIO	A	2336.20
PESO ALAMBIQUE +EMULSION	A1	2536.20
PESO EMULSION (A1 - A) (200 ± 1 g)	C	200.00
PESO ALAMBIQUE + RESIDUO	B	2461.10
% RESIDUO ASFALTICO = (B-A)/C X 100		62.45
TIEMPO DE DURACION DESTILACION	75 max (minutos)	65
ml DE ACEITE DESTILADO EN PROBETA	D	1.2
% DE ACEITE DESTILADO (D/C)		0.60%

3.4.5 ENSAYO DE PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSIÓN A 25°C ASTM D 6937.

Cabe destacar que es un ensayo que las especificaciones no lo solicitan ni existen parámetros que deben de cumplir debido a que es un resultado netamente informativo y para efectos de despacho del producto.

Tabla 35. Prueba de Densidad de emulsión CSS-1HP

PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 25 C ASTM D 6937		
PESO DE EMULSION EN LA COPA	G	102.9060
FACTOR DE COPA	0.8355	85.9780
DENSIDAD A 25 °C EN g/Lt	G x 11.98	1030.0
DENSIDAD A 25 °C EN LIBRAS/GLN	G/10	8.5978
DENSIDAD A 15 °C EN LIBRAS/GLN	x 1.00475	8.639
PESO POR GALON A 15.6 °C = DENSIDAD/2.2041 (Kg/Gln)		3.919

Tabla 36. Prueba de Densidad de emulsión CQS-1HP

PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 25 C ASTM D 6937		
PESO DE EMULSION EN LA COPA	G	102.9800
FACTOR DE COPA	0.8355	86.0398
DENSIDAD A 25 °C EN g/Lt	G x 11.98	1030.8
DENSIDAD A 25 °C EN LIBRAS/GLN	G/10	8.6040
DENSIDAD A 15 °C EN LIBRAS/GLN	x 1.00475	8.645
PESO POR GALON A 15.6 °C = DENSIDAD/2.2041 (Kg/Gln)		3.922

3.5 ENSAYOS AL RESIDUO DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS MODIFICADAS.

En este apartado se analiza el asfalto obtenido del ensayo de residuo asfáltico por el método de evaporación de 3 horas en horno a 163 grados Celsius, esto es muy importante conocerlo por que debemos tener en cuenta que las propiedades viscoelásticas se mantengan a pesar del proceso de emulsificación. Estos análisis se hacen debido a que las especificaciones que rigen las emulsiones solicitan que se hagan y sean reportados. Se analizan los siguientes ensayos:

- Penetración
- Punto de ablandamiento
- Recuperación elástica

3.5.1 ENSAYO DE RECUPERACIÓN ELÁSTICA BAJO NORMATIVA ASTM D 6084.

Para este método de ensayo se tienen dos requerimientos debido a los dos tipos de emulsiones. Para la emulsión CSS-1HP se coloca en el equipo (ductilometro) y se elonga a una distancia de 20 cm a una temperatura de 10° celcius, luego se corta en el centro y se deja recuperar por una hora, finali-

zando el tiempo de recuperación se unen los dos extremos y se toman la medida indicada. para este tipo de emulsión el porcentaje de recuperación mínimo es de 25%. para la emulsión cqs-1hp se procede a realizar el mismo procedimiento antes descrito con la diferencia que el porcentaje mínimo de recuperación elástica será de 50%.



Fotografía 17. Especímenes a ensayar de recuperación elástica por ductilometro.

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas

Tabla 37. Prueba de Recuperación elástica de CSS-IHP

ASTM D 6084: Ensayo de recuperación elástica por ductilometro, 10°C, 5 cm/min				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
	35.2	24.5	37.1	32.3

Tabla 38. Prueba de Recuperación elástica de CQS-IHP

ASTM D 6084: Recuperación elástica por medio de ductilometro, 10°C, 5 cm/min				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
	64.8	65.2	66.1	65.4

3.5.2 ENSAYO DE PENETRACIÓN BAJO NORMATIVA ASTM D 5

Este ensayo nos permite conocer el grado de dureza del asfalto y por ende consiste en llenar una copita de metal con un peso aproximado de 100 gramos, se deja enfriar durante un tiempo mínimo de 1 hora para luego someterlo a un baño María a 25 grados Celsius más o menos 1 grado. El equipo a utilizar para la medición es un penetrómetro digital para mayor confiabilidad de los resultados, cada resultado es producto de tres mediciones diferentes sometiendo la muestra a una aguja especificada en la norma con un peso de 100 grs durante un tiempo de 5 segundos. Se reportan las tres lecturas y calculando el promedio de las 3, expresadas en decimas de milímetros.

Tabla 39. Prueba de Penetración de CSS-IHP

ASTM D 5/ AASHTO T 49: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg, (dmm)	
1	44.2
2	43.1
3	44.8
PROMEDIO	44.0

Tabla 40. Prueba de Penetración de CQS-1HP

ASTM D 5/ AASHTO T 49: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg, (dmm)	
1	40.8
2	41.6
3	42.0
PROMEDIO	41.5

3.5.3 ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO BAJO LA NORMATIVA ASTM D 36 (ANILLO Y BOLA).

El siguiente ensayo nos permite conocer la temperatura a la cual tiende a fluir el asfalto y por eso es muy importante conocerlo ya que nos indica una temperatura real a la cual el asfalto se reblandece, y teniendo en cuenta las temperaturas ambientes que se manejan en El Salvador podemos saber qué tipo de emulsión usar para un riego de liga, si se usa una convencional o una modificada.

El ensayo consiste en llenar un par de anillos de bronce con asfalto, luego se dejan enfriar por un tiempo mínimo de 1 hora, transcurrido el tiempo de enfriamiento se procede a cortar el exceso de asfalto para dejarlo a nivel del anillo, se colocan en un beaker de 700 ml con una armadura donde son colocados los anillos, la temperatura del baño maría será de 5 grados Celsius más o menos 1 grado durante 15 minutos, luego se colocan en el equipo que comienza a calentar, después de los primeros 3 minutos debe de cumplir una subida de temperatura constante de 4.5 grados Celsius más o menos 0.5 grados Celsius hasta finalizar el ensayo.

En los anillos se colocan dos bolitas de acero inoxidable con dimensiones y peso especificado en la norma antes mencionada con una canasta espaciadora que permite que la bola quede en el centro del anillo, al momento que caen las dos bolas a la placa de la armadura se toman las temperaturas de ambos y se registran las dos juntamente con su promedio.



*Fotografía 18. Ensayo de Punto de Ablandamiento en equipo digital.
Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.*

Tabla 41. Punto de Ablandamiento de emulsión CSS- IHP

PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53):			
MINUTO	TEMPERATURA MEDIDA (°C)		RANGO DE TEMPERATURA (°C)
0			
1	7.6		
2	11.2		
3	16.3		5.1
4	20.5		4.2
5	25.2		4.7
6	30.0		4.8
7	35.1		5.1
8	40.0		4.9
9	44.8		4.8
10	50.3		5.5
11	54.8		4.5
ANILLO 1:	55.2	ANILLO 2:	55.0
PROMEDIO:	55.1		

Tabla 42. Punto de Ablandamiento de emulsión CQS- 1HP

PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53):			
MINUTO	TEMPERATURA MEDIDA (°C)		RANGO DE TEMPERATURA (°C)
0			
1	7.6		
2	11.2		
3	16.3		5.1
4	20.8		4.5
5	25.4		4.6
6	30.2		4.8
7	35.1		4.9
8	40.5		5.4
9	45.0		4.5
10	50.2		5.2
11	55.4		5.2
ANILLO 1:	58.0	ANILLO 2:	58.0
PROMEDIO:	58.0		

- El resultado obtenido en el residuo asfáltico para la **CSS-1HP** es: 55.1°c promedio
- El resultado obtenido en el residuo asfáltico para la **CQS-1HP** es: 58.0°c promedio

3.6 APLICACIONES EN EL SALVADOR DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.

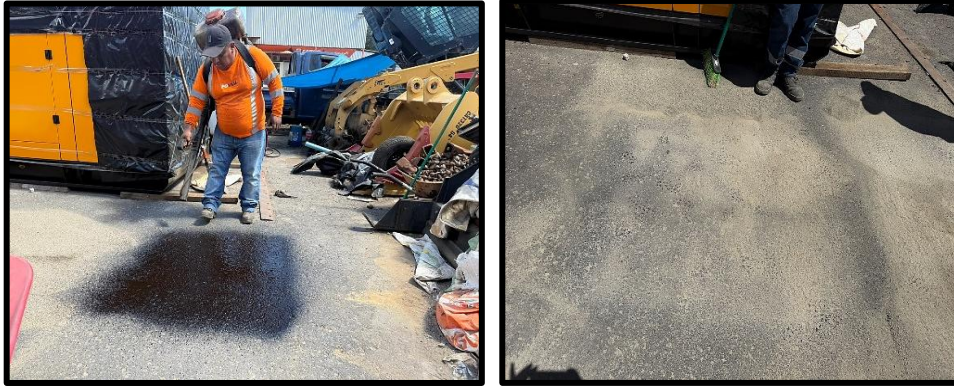
Se hizo un análisis entre la emulsión CSS-1H y la CSS-1HP para imprimación en un área de parqueo para determinar su desempeño.

3.6.1 PRUEBA CON EMULSIÓN CSS-1H



Fotografía 19. Riego de Fog Seal (Sello de Niebla), con emulsión CSS-1H

Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.



Fotografía 20. Riego de Fog Seal (Sello de Niebla), con emulsión CSS-1H
Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

3.6.2 PRUEBA CON EMULSIÓN CSS-1HP

Emulsión modificada con polímeros y otros.



Fotografía 21. Riego de Fog Seal (Sello de Niebla), con emulsión CSS-1HP
Fuente propia, fotografía tomada en CATECOLAB, emulsiones asfálticas.

Se aprecia una diferencia considerable entre ambas emulsiones comportándose mejor la emulsión modificada que es la CSS-1HP, tomando en cuenta que se contaba con una temperatura ambiente de 37 grados Celsius en ese momento.

Otro ensayo de campo muy importante en los riegos de liga o imprimación es medir la tasa de riego.

3.6.3 RIEGO DE LIGA.

Para riego de liga usamos la emulsión CSS-1HP y se verifica tasa ya sea medida por área o por pesos.

Se aplica una cantidad de emulsión aplicada en tasa de 0.14 a 0.40 galones por metro cuadrado según condiciones técnicas de FOVIAL (propietario del proyecto) y se verifica la tasa por área a ligar, para luego colocar la mezcla asfáltica en caliente, cabe mencionar que lo ideal es que la emulsión tome una condición de rompimiento. Este fenómeno ocurre cuando el agua en la emulsión se evapora y queda la membrana de asfalto, pero existen casos especiales como en invierno donde este proceso de rompimiento se ve afectado por la temperatura ambiente debido a que retrasa su ruptura, entonces fácilmente se puede colocar mezcla asfáltica debido a que la temperatura de esta ayudara al rompimiento de la emulsión.



Fotografía 22. Riego de liga para bacheo.

Fuente propia, fotografía tomada en campo (Proyecto FOVIAL, diciembre 2024)



Fotografía 23. Colocación de Mezcla Asfáltica en bacheo.

Fuente propia, fotografía tomada en campo (Proyecto FOVIAL, diciembre 2024)

3.6.4 APLICACIÓN DE RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON CSS-1H

Este proceso se conoce debido a que se coloca una tasa de 0.7 a 1.10 galones por metro cuadrado para proteger una base granular o sub rasante. En esta actividad podemos usar las CSS-1H o la CSS-1HP, pero se considera el precio unitario de cada una de ellas por cuestión de costos ya que ambas cumplen perfectamente la función de proteger la base.



Fotografía 23 Riego de Imprimación en proyecto periódico, FOVIAL.

Fuente propia, fotografía tomada en campo (Proyecto FOVIA EL CEIBILLO, diciembre 2024).

3.6.5 MICROSURFACING (MICROPAVIMENTO)

Para el caso de la emulsión CQS-1HP su uso único en El Salvador es para una pequeña capa de rodadura que se llama micro pavimento, y esto consiste en una capa de rodadura de 10 a 18 mm de espesor con material de arena triturada al 80% y 20% de grava 3/8" que se aplica en las vías donde se tenga problemas de desprendimiento de finos y su velocidad mínima sea de 60 km/hr, debido al costo por galón de ella es que usa solo para esta actividad y a continuación se muestran algunas imágenes de su aplicación en campo.



Fotografía 24. Colocación de micropavimento.

Fuente propia, fotografía tomada en campo (Proyecto FOVIAL de grupo #3 de vías pavimentadas, ubicadas en la zona 1 de El Salvador, Santa Ana CA01 W, noviembre 2024.

Este tipo de actividades de micro pavimento raras veces se utiliza en El Salvador y es una manera bastante viable, fácil y rápida de darle mantenimiento preventivo a una vía de bajo o alto tráfico con velocidades mínimas de 60 km/hr.

Estas aplicaciones consisten en colocar una capa de entre 10 a 18 mm de material con tamaño máximo nominal de 3/8 en un 20% proporcionalmente en el agregado con la emulsión antes descrita, el material debe cumplir con una limpieza impecable y se determina por ensayos como equivalente de arena y azul de metileno. Este tipo aplicación se debe de colocar en vías con problemas de pérdida de fino, o con fisuras con un ancho menor a 5 mm (si es por fisura se deben de sellar primero y hacer bacheo superficial en las zonas donde amerite y sea necesario), para eso se hace un recorrido previo para determinar zonas con fisuras o daños por desplazamiento.

Para la emulsión CRS-2H su aplicación puede ser para un reciclado en caliente o riego de liga, para este último dependerá del perfil topográfico de la zona donde se necesita aplicar el riego, por que en ocasiones se tienen curvas bastantes pronunciadas donde las emulsiones lentas convencionales o modificadas no se pueden aplicar debido a su grado de viscosidad, en esos caso podemos utilizar la CRS-2H por el alto grado de viscosidad que posee y su temperatura de aplicación será entre 50 a 80 grados Celsius.

En esta investigación se aclara que las emulsiones lentas ya sean convencionales o modificadas no se deben calentar, a menos que sea imposible hacer el riego por problemas de estabilidad de la misma, su aplicación será a temperatura ambiente, si se llegase a tener problemas para su colocación podrá calentarse en un rango de temperatura de 50 a 80 grados Celsius.

3.7 TABLA DE PRECIOS DE EMULSIONES ASFALTICAS ACTUALIZADAS AL MES DE AGOSTO 2025

EMPRESA	CSS-1H GLN	CSS-1HP GLN	CQS-1HP GLN	CRS-2H GLN
GRUPO ECON S.A DE C.V	\$ 3.37	\$ 4.35	-	-
CATECO S.A DE C.V	\$ 3.79	\$ 4.35	\$ 5.65	\$ 4.60
ASFALCA S.A DE C.V	\$ 3.79	\$ 4.35	\$ 5.64	\$ 4.60

CAPITULO IV:
ANÁLISIS E
INTERPRETACIÓN
DE RESULTADOS

CAPITULO IV

4.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE DATOS DE RESULTADOS A LAS MUESTRAS DE EMULSIONES ASFÁLTICAS.

Los datos para interpretar son los resultados obtenidos en los reportes de ensayos de las siguientes emulsiones CSS-1H, CRS-2H bajo la especificación ASTM D2397, debido a que son emulsiones con asfalto convencional es decir AC-30.

4.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EMULSION CSS-1H (CATIONIC SLOW SETTING)

Se efectuaron los ensayos requeridos por las especificaciones o normativas que rigen la calidad de las diferentes emulsiones asfálticas utilizadas en El Salvador.

Para el caso de la CSS-1H la especificación o normativa para los ensayos es ASTM D2397, para lo cual se analizan los ensayos que solicita dicha especificación.

Ensayo de residuo por evaporación (ASTM D-6934): se obtuvo un resultado satisfactorio de 58.7% de residuo asfáltico, teniendo como mínimo 57.0% especificado por la norma.

Ensayo de residuo por destilación (ASTM D-6997): se obtuvo un valor de 58.6% de residuo asfáltico, el cual es satisfactorio debido a que el mínimo es 57.0%.

Ensayo de carga de partículas (ASTM D-7402): este es un ensayo informativo el cual sirve para determinar si la carga eléctrica de una emulsión es positiva o negativa, en este caso, solo con el hecho de poseer la inicial C (Cationic), al inicio de la nomenclatura, manifiesta que es carga negativa ya que es una emulsión catiónica.

Ensayo de viscosidad por medio de viscosímetro rotacional de paletas (ASTM D-7226): el resultado obtenido fue satisfactorio debido a que se obtuvo 144.6 mPa.s, el rango de aceptación es de 45 – 220 mPa.s. Recordemos que el numero 1 indicado en la nomenclatura de las emulsiones se refiere al grado de viscosidad y por ende se utiliza ese rango.

Ensayo de tamiz #20 (ASTM D-6933): el resultado fue positivo debido a que se obtuvo un valor de 0.04076%, tomando en cuenta que el máximo es de 0.10%.

Ensayo de densidad de emulsión (ASTM D-6937): este es otro ensayo de información que no lo solicita la norma ASTM D-2397, pero que es necesario reportarlo en el certificado de calidad del producto, debido a que se utiliza para temas de despacho o control de tasas de riego en campo, el resultado obtenido es de: 3.923 kg/gln.

Ensayo de estabilidad al almacenamiento 24 horas (ASTM D-6930): este ensayo es uno de los más importantes de analizar, debido a que informa sobre la estabilidad de la emulsión, ya que a 24 horas debe cumplir un máximo de 1% y mientras más cerca del máximo esté, menos estable será y por ende se necesitara recircular por al menos una vez al día. Todo eso implica costos adicionales; para el caso de la emulsión CSS-1H, el valor es aceptable debido a que se tiene 0.21% y el máximo es 1%.

4.2.1 ENSAYOS AL RESIDUO ASFALTICO (ASFALTO) PRODUCTO DEL RESIDUO POR DESTILACIÓN.

Ensayo de punto de ablandamiento (ASTM D-36): este ensayo es netamente informativo ya que la especificación que rige la calidad de estos tipos de emulsiones no lo solicita pero que en campo o para aplicación es muy importante debido a que se tiene que saber las condiciones climáticas ambientales donde será utilizada o aplicada, y para este caso se tuvo un resultado de: 50.7°C.

Ensayo de ductilidad (ASTM D-113): se obtuvo un resultado favorable de 95.0 cms, y el mínimo a cumplir es de 40 cms.

Ensayo de penetración (ASTM D-5): se tuvo un resultado de 53.6 dmm (decimas de milímetros), y el rango es de 40 – 90 dmm, es decir que es satisfactorio.

Tabla de resultados de la emulsion CSS-1H (ASTM) D2397-20)

TABLA DE RESULTADOS DE LA EMULSION CSS-1H (ASTM D2397-20)		
ENSAYO	RESULTADO	ESPECIFICACION
PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933	0.04687%	0.1% MAX
DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D-7226)	144.6 mPa.s	45 - 220 mPa.s
PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930	0.21%	1% MAX
RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)	58.70%	57% MIN
RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997	58.60%	57% MIN
PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 25 C ASTM D 6937	3.923 KG/GLN	
ASTM D 6936: ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD DE EMULSIONES	NO APLICA	
EXAMINACION DEL RESIDUO (ASTM D-244)		
ASTM D 5/ AASHTO T 49: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg, (dmm)	53.6 dmm	40 - 90 dmm
PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53)	50.7°C	
ASTM D 113/AASHTO T 51: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min	95 cms	40 MIN
ASTM D 6084/: Recuperacion elastica por medio de ductilometro, 10°C, 20 cms elongacion	NO APLICA	

Fotografía 25. Tabla de Resultados obtenidos de la emulsión asfáltica CSS-1H (Convencional)

4.3 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EMULSION CSS-1HP (CATIONIC SLOW SETTING POLYMERE)

Para este tipo de emulsión, la especificación o normativa a aplicar, es la AASHTO M316, y todos los ensayos realizados brindaron resultados eficaces para el uso en obra, cumpliendo una excelente calidad. A continuación se presentan:

Ensayo de residuo por evaporación (ASTM D-6934): se obtuvo un resultado satisfactorio de 59.0% de residuo asfáltico, teniendo como mínimo bajo norma 57.0%.

Ensayo de residuo por destilación (ASTM D-6997): se obtuvo un valor de 58.76% de residuo asfáltico, el cual es satisfactorio debido a que el mínimo es 57.0%.

Ensayo de carga de partículas (ASTM D-7402): este es un ensayo informativo el cual nos sirve para determinar si la carga eléctrica de una emulsión es positiva o negativa, en este caso con el hecho de llevar la inicial “C” (Cationic), al inicio de la nomenclatura, manifiesta que es carga negativa ya que es una emulsión catiónica.

Ensayo de viscosidad por medio de viscosímetro rotacional de paletas (ASTM D-7226): el resultado obtenido fue satisfactorio debido a que se obtuvo 159.0 mPa.s ya que el rango de aceptación es de 45 – 200 mPa.s.

Ensayo de tamiz #20 (ASTM D-6933): el resultado fue positivo debido a que se obtuvo un valor de 0.03790%, tomando en cuenta que el máximo es de 0.10%.

Ensayo de densidad de emulsión (ASTM D-6937): este es otro ensayo de información que no lo solicita la norma ASTM D-2397, pero que es necesario reportarlo en el certificado de calidad del producto debido a que se utiliza para temas de despacho o control de tasas de riego en campo, el resultado es: 3.919 kg/gln.

Ensayo de estabilidad al almacenamiento 24 horas (ASTM D-6930): este ensayo es uno de los más importantes para analizar, debido a que informa sobre la estabilidad de la emulsión, ya que a 24 horas debe cumplir un máximo de 1% y mientras más cerca esté del máximo, menos estable será y por ende se necesitara recircular por al menos una vez al día y todo eso implica costos adicionales. Para el caso de esta emulsión, el valor es aceptable debido a que se tiene 0.28% y el máximo es 1%.

4.3.1 ENSAYOS AL RESIDUO ASFALTICO (ASFALTO) PRODUCTO DEL RESIDUO POR DESTILACIÓN.

Ensayo de punto de ablandamiento (ASTM D-36): este ensayo es netamente informativo ya que la especificación que rige la calidad de estos tipos de emulsiones no lo solicita pero que en campo o para aplicación es muy importante debido a que se tiene que saber las condiciones climáticas ambientales donde será utilizada o aplicada, y para este caso se tuvo un resultado de: 55.1°C. Ensayo de recuperación elástica por ductilometro (ASTM D-6084): se obtuvo un resultado favorable de 32.3 cm, y el mínimo a cumplir es de 25 cm.

Ensayo de penetración (ASTM D-5): se tuvo un resultado de 44.0 dmm (decimas de milímetros), y el rango es de 40 – 90 dmm, ósea que es satisfactorio.

TABLA DE RESULTADOS DE LA EMULSION CSS-1HP (AASHTO M316)		
ENSAYO	RESULTADO	ESPECIFICACION
PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933	0.04774%	0.1% MAX
DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D-7226)	159.0 mPa.s	40 - 200 mPa.s
PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930	0.32%	1% MAX
RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)	59.0%	57% MIN
RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997	58.76%	57% MIN
PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 25 C ASTM D 6937	3.919 kg/gln	
ASTM D 6936: ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD DE EMULSIONES	NO APLICA	
EXAMINACION DEL RESIDUO (ASTM D-244)		
ASTM D 5/ AASHTO T 49: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg, (dmm)	44.0 dmm	40 - 90 dmm
PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53)	55.1°C	
ASTM D 113/AASHTO T 51: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min	NO APLICA	
ASTM D 6084/: Recuperacion elastica por medio de ductilometro, 10°C, 20 cms elongacion	32.30%	25% MIN

Fotografia 26. Tabla de Resultados obtenidos de la emulsión asfáltica CSS-1HP (Modificada)

4.4 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EMULSION CQS-1HP (CATIONIC QUICK-SETTING POLYMER).

Para estos tipos de emulsiones la especificación o normativa es la AASHTO M316.

Esta especificación es la que determina los diseños y control de calidad de estas emulsiones.

Ensayo de residuo por evaporación (ASTM D-6934): se obtuvo un resultado satisfactorio de 62.7% de residuo asfáltico teniendo como mínimo 62.0%.

Ensayo de residuo por destilación (ASTM D-6997): se obtuvo un valor de 62.45% de residuo asfáltico, el cual es satisfactorio debido a que el mínimo es 62.0%.

Ensayo de carga de partículas (ASTM D-7402): este es un ensayo informativo el cual nos sirve para determinar si la carga eléctrica de una emulsión es positiva o negativa, en este caso solo con el hecho de llevar la inicial “C” al inicio de la nomenclatura nos dice que es carga negativa ya que es una emulsión catiónica.

Ensayo de viscosidad por medio de viscosímetro rotacional de paletas (ASTM D-7226): el resultado obtenido fue satisfactorio debido a que se obtuvo 164.7 mPa.s ya que el rango de aceptación es de 40 – 200 mPa.s.

Ensayo de tamiz #20 (ASTM D-6933): el resultado fue positivo debido a que se obtuvo un valor de 0.03923%, tomando en cuenta que el máximo es de 0.10%.

Ensayo de densidad de emulsión (ASTM D-6937): este es otro ensayo de información que no lo solicita especificación ASTM D-2397, pero que es necesario reportarlo en el certificado de calidad del producto debido a que se utiliza para cuestiones de despacho o control de tasas de riego en campo. Y el resultado es: 3.922 kg/gln.

Ensayo de estabilidad al almacenamiento 24 horas (ASTM D-6930): este ensayo es uno de los más importantes analizar debido a que nos informa sobre qué tan estable es nuestra emulsión ya que a 24 horas debe cumplir un máximo de 1% y mientras más cerca del máximo se tenga menos estable será y por ende se necesitara recircular por al menos una vez al día y todo eso implica en costos adicionales, y para el caso de esta emulsión el valor es aceptable debido a que se tiene 0.12% y el máximo es 1%.

4.4.1 ENSAYOS AL RESIDUO ASFALTICO (ASFALTO) PRODUCTO DEL RESIDUO POR DESTILACIÓN.

Ensayo de punto de ablandamiento (ASTM D-36): el resultado obtenido es de: 58.0°C y se considera aceptable debido a que el valor mínimo es de: 57.2°C.

Ensayo de recuperación elástica por ductilometro (ASTM D-6084): se obtuvo un resultado favorable de 65.4 cms, y el mínimo a cumplir es de 50 cms. Ensayo de penetración (ASTM D-5): se tuvo un resultado de 41.5 dmm (decimas de milímetros), y el rango es de 40 – 90 dmm, es decir que es satisfactorio.

TABLA DE RESULTADOS DE LA EMULSION CQS-1HP (AASHTO M316)		
ENSAYO	RESULTADO	ESPECIFICACION
PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933	0.04748%	0.1% MAX
DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D-7226)	164.7mPa.s	40 - 200 mPa.s
PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930	0.12%	1% MAX
RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)	62.70%	62% MIN
RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997	62.45%	62% MIN
PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 25 C ASTM D 6937	3.922 kg/gln	
ASTM D 6936: ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD DE EMULSIONES	NO APLICA	
EXAMINACION DEL RESIDUO (ASTM D-244)		
ASTM D 5/ AASHTO T 49: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg, (dmm)	41.5 dmm	40 - 90 dmm
PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53)	58.0°C	57.2°C MIN
ASTM D 113/AASHTO T 51: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min	NO APLICA	
ASTM D 6084/: Recuperacion elastica por medio de ductilometro, 10°C, 20 cms elongacion	65.40%	50% MIN

Fotografia 27. Tabla de Resultados obtenidos de la emulsión asfáltica CQS-1HP (Modificada)

4.5 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA EMULSION CRS-2H (CATIONIC RAPID-SETTING)

Se efectuaron los ensayos requeridos por las especificaciones o normativas que rigen la calidad de las diferentes emulsiones asfálticas utilizadas en El Salvador.

Para el caso de la CRS-2H la especificación o normativa para los ensayos es ASTM D2397, para lo cual se analizan los ensayos que solicita dicha especificación.

Ensayo de residuo por evaporación (ASTM D-6934): se obtuvo un resultado satisfactorio de 65.6% de residuo asfáltico teniendo como mínimo 65.0%.

Ensayo de residuo por destilación (ASTM D-6997): se obtuvo un valor de 65.35% de residuo asfáltico, el cual es satisfactorio debido a que el mínimo es 65.0%.

Ensayo de carga de partículas (ASTM D-7402): este es un ensayo informativo el cual nos sirve para determinar si la carga eléctrica de una emulsión es positiva o negativa, en este caso solo con el hecho de llevar la inicial “C” al inicio de la nomenclatura nos dice que es carga negativa ya que es una emulsión catiónica.

Ensayo de viscosidad por medio de viscosímetro rotacional de paletas (ASTM D-7226): el resultado obtenido fue satisfactorio debido a que se obtuvo 368.1 mPa.s ya que el rango de aceptación es de 220 – 880 mPa.s. Recordemos que el numero 2 indicado en la nomenclatura de las emulsiones se refiere al grado de viscosidad y por ende se utiliza ese rango.

Ensayo de tamiz #20 (ASTM D-6933): el resultado fue positivo debido a que se obtuvo un valor de 0.03747%, tomando en cuenta que el máximo es de 0.10%.

Ensayo de densidad de emulsión (ASTM D-6937): este es otro ensayo de información que no lo solicita especificación ASTM D-2397, pero que es necesario reportarlo en el certificado de calidad del producto debido a que se utiliza para cuestiones de despacho o control de tasas de riego en campo. Y el resultado es: 3.924 kg/gln.

Ensayo de estabilidad al almacenamiento 24 horas (ASTM D-6930): este ensayo es uno de los más importantes analizar debido a que nos informa sobre qué tan estable es nuestra emulsión ya que a 24 horas debe cumplir un máximo de 1% y mientras más cerca del máximo se tenga menos estable será y por ende se necesitara recircular por al menos una vez el día y todo eso implica en costos adicionales, y para el caso de esta emulsión el valor es aceptable debido a que se tiene 0.15% y el máximo es 1%.

Ensayo de demulsibilidad de emulsiones (ASTM D-6936): este ensayo determina la rapidez de ruptura de la emulsión y el resultado obtenido es aceptable ya que se tiene el resultado siguiente: 49.24% y el mínimo por cumplir es de 40.0%

4.5.1 ENSAYOS AL RESIDUO ASFALTICO (ASFALTO) PRODUCTO DEL RESIDUO POR DESTILACIÓN.

Ensayo de punto de ablandamiento (ASTM D-36): este ensayo es netamente informativo ya que la especificación que rige la calidad de estos tipos de emulsiones no lo solicita pero que en campo o para aplicación es muy importante debido a que se tiene que saber las condiciones climáticas ambientales donde será utilizada o aplicada, y para este caso se tuvo un resultado de: 51.1°C.

Ensayo de ductilidad (ASTM D-113): se obtuvo un resultado favorable de 99.0 cms, y el mínimo a cumplir es de 40 cms.

Ensayo de penetración (ASTM D-5): se tuvo un resultado de 53. dmm (decimas de milímetros), y el rango es de 40 – 90 dmm, ósea que es satisfactorio.

A continuación se presenta tabla de resultados:

TABLA DE RESULTADOS DE LA EMULSION CRS-2H (ASTM D2397-20)		
ENSAYO	RESULTADO	ESPECIFICACION
PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933	0.05434%	0.1% MAX
DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D-7226)	368.1 mPa.s	220 - 880 mPa.s
PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930	0.20%	1% MAX
RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)	65.60%	65% MIN
RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997	65.35%	65% MIN
PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 25 C ASTM D 6937	3.924 KG/GLN	
ASTM D 6936: ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD DE EMULSIONES	49.24%	40% MIN
EXAMINACION DEL RESIDUO (ASTM D-244)		
ASTM D 5/ AASHTO T 49: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg. (dmm)	53.3 dmm	40 - 90 dmm
PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53)	51.1°C	
ASTM D 113/AASHTO T 51: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min	99 cms	40 MIN
ASTM D 6084/: Recuperacion elastica por medio de ductilometro, 10°C, 20 cms elongacion	NO APLICA	

Fotografía 28. Tabla de Resultados obtenidos de la emulsión asfáltica CRS-2H (Convencional)

CAPITULO V:

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La actualización e investigación en cuanto a la utilización de emulsiones asfálticas en El Salvador, se ha intensificado con el fin de mejorar los procesos constructivos y mejorar las ofertas económicas conforme a su uso aplicativo, con una gran gama de emulsiones y usos, esto se demuestra en los diferentes proyectos que se han ejecutado desde su origen.
Por ejemplo de algunos de ellos son, la base negra utilizada con emulsión CSS-1H en tramo de carretera CA12W ACAJUTLA, Mantenimiento periódico con Microsurfacing con CQS-1HP en carretera CAO1W entre el Congo y desvío a centro de Santa Ana más derivadores, tratamiento superficial doble, usando emulsión CRS-2H en calle que de San Pablo Tacachico conduce a San Isidro Lempa, uso de emulsión CSS-1HP como riego de liga en proyectos viales de importancia como los la ruta RN13W desde Chalchuapa hasta km 80 de dicha ruta, por mencionar algunos. Una gran alternativa de mejorar los procesos en la construcción de vías, bases, sub – bases, impermeabilizaciones, pinturas, micro pavimentos, tratamientos, etc.
- Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros se desempeñan de mejor manera que las convencionales debido a las propiedades que poseen.
- De acuerdo con los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos de las emulsiones asfálticas estudiadas y comparándolas entre ellas conforme al tipo de rompimiento, cumple con las normativas internacionales ASTM, AASHTO y Boletines técnicos. Esto da a conocer que, la empresa CATECO S.A DE C.V y su fórmula, en base a cada categoría de las emulsiones, cumple un excelente control de calidad como productor en el país.

- Se verificó la repetibilidad en los resultados, debido a la incidencia de la caracterización de los distintos tipos de emulsiones asfálticas utilizadas en El Salvador; se obtuvo que tomando de base el tipo de rompimiento, se han propuesto lineamientos que ayudan a seleccionar el tipo de emulsión que mejor se adapte a la función buscada, aportando una guía para todos aquellos que trabajan con el producto. Según lo mostrado en las certificaciones de calidad y clasificación de emulsiones asfálticas, estudiadas, que se muestran en los anexos.
- Las emulsiones asfálticas son una alternativa viable y amigable con el medio ambiente, al reducir las emisiones de gases contaminantes y al reducir riesgos en la manipulación de estas, ya que no se calientan a alta temperatura para su uso, mostrando que las emulsiones de rompimiento lento y medio, deben ser tratadas a temperatura ambiente, es decir a 25°C y las emulsiones de rompimiento rápido se deben trabajar a una temperatura máxima de 60°C.
- Las emulsiones asfálticas son una alternativa viable en cuanto al ámbito económico, al disminuir los costos necesarios para la ejecución de actividades, debido a que ambos factores se encuentran íntimamente relacionados.
- La incorporación de Polímeros a la emulsión aumenta las características físicas y de resistencia, incrementando la recuperación elástica, ductilidad y punto de ablandamiento del residuo asfáltico, favoreciendo a su desempeño en la utilización.

5.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar la norma ASTM D 140 – 16, para garantizar la calidad en los procedimientos de muestreo en campo, de las emulsiones asfálticas; aplicando las consideraciones descritas en la normativa ASTM, según su estudio y uso.
- Mantener una constante evaluación de los requisitos de calidad para las emulsiones asfálticas por parte de instituciones dedicadas a su elaboración, empresas productoras e instituciones gubernamentales inspectoras tales como el MOPT, FOVIAL, DOM y otras entidades de la rama de la ingeniería civil que garantice su cumplimiento y avance tecnológico con la investigación y desarrollo.
- Exigir como cliente siempre un certificado de emulsión asfáltica para verificar que sea el producto adecuado al que se necesita, ya que en ella se puede verificar su tipo de rompimiento y si es aniónica o catiónica entre otros ensayos de importancia.
- Llevar a cabo programas de ensayos de control y aseguramiento de calidad de las emulsiones asfálticas de las diversas plantas que se dedican al rubro, para tener un control de las mismas.
- Se recomienda que las empresas constructoras realicen todos los ensayos antes descritos según el tipo de emulsión, por lo menos un ciclo de uno cada tres meses o, dependiendo el tiempo de ejecución del proyecto, por lo menos en una ocasión, para controlar la calidad del producto.
- Es necesario que el personal que trabaja en el área de control de calidad, conozca la diferencia de uso entre las emulsiones CSS-1H y CSS-1HP ya que durante todo el año se ejecutan proyectos de mantenimientos rutinarios en El Salvador, y utilizan emulsión CSS-1H para riego de liga en la actividad de bacheo superficial y en carpetas asfálticas, donde se requiere utilizar la emulsión CSS-1HP.

- Que la universidad permita la divulgación de este tema de investigación, para poner a disposición los resultados obtenidos en los diferentes medios de comunicación o a través de conferencias y que también permita el acceso de la información a lectores interesados y estudiantes universitarios.

5.3 BIBLIOGRAFÍA.

- Portal de Transparencia de El Salvador, & Salvador, P. d. (2016). (O. d. MOP, Ed.) Recuperado el 2023
- AEMA. (s.f.). Manual Básico de Emulsiones Asfálticas. En AEMA, MS 19 (pág. 7).
- Alejandro, P. R. (2004). Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista. Catalunya, Barcelona, España: Universidad Politécnica.
- ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSA. (2022). ATEB. Obtenido de ATEB: <https://www.ateb.es/index.php/la-emulsion>
- ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS. (2017). Historia de las emulsiones asfálticas. Obtenido de ATEB: <https://www.ateb.es/index.php/la-emulsion>
- Black, K. (2017). The Nuclear Asphalt Content Gauge for Measuring Asphalt Content in Mixes. Obtenido de <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/materials/matnote46.cfm>
- eadic. (9 de septiembre de 2016). eadic.com. Obtenido de <https://eadic.com/>: <https://eadic.com/blog/entrada/historia-del-uso-de-asfalto/>
- Ferreira, D. T. (2014). Caracterización física de agregados pétreos. (U. C. Colombia, Ed.) Colombia. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, Bogota. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%20N.pdf>.
- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTE DE EL SALVADOR. (2010). MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DE EL SALVADOR. (GOB.SV, Editor) Obtenido de <https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/tecpaviasfal.pdf>.
- Transporte, I. M. (2001). Emulsiones Asfálticas. Sanfandila, Qro: Documento Técnico N° 23.
- UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR (UES). (SEPTIEMBRE de 2013). oldri.ues.edu.sv. Recuperado el 2024.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos. Fundada en 1914 y además representa no sólo a las carreteras, sino también al transporte por aire, ferrocarril, agua y transporte público.

- American Society for Testing and Materials o ASTM International, es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios. fundada el 29 de febrero de 1898 y Existen alrededor de 12.575 acuerdos voluntarios de normas de aplicación mundial.
- American Society for Testing and Materials o ASTM International, es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios. fundada el 29 de febrero de 1898 y Existen alrededor de 12.575 acuerdos voluntarios de normas de aplicación mundial.
- Instituto Mexicano del Transporte. (2016). Vise: Características de la mezcla asfáltica en frío y caliente. México.
- Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y de Desarrollo Urbano, por medio de la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial (Mapa de Ubicación de las Plantas Asfálticas en El Salvador).

ANEXOS

GLOSARIO TECNICO

- **AASHTO:** Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (American Association of State Highway and Transportation Officials, por sus siglas en inglés), es una organización que establece normas, 22 especificaciones, realiza pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas.
- **Absorción:** Es una medida de la cantidad de agua que un agregado puede absorber, relación directa entre la capacidad de un agregado de absorber agua y asfalto (a mayor absorción de agua, habrá mayor a absorción de asfalto).
- **AC:** Siglas en inglés para “Asphalt Cement” para Cemento asfáltico. También es el signo para la unidad del Grado por viscosidad del asfalto (AC-20, AC-30, etc.)
- **Adhesión:** Es la capacidad del asfalto/emulsion para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación.
- **Asfalto:** Es un material hidrocarburado de color negro, cementante, que varía ampliamente en consistencia con la temperatura, entre sólido y semisólido (sólido blando), a temperaturas ambientales normales.
- **ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.
- **Agregado grueso:** Es uno de los principales componentes de la mezcla asfáltica, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de las carreteras.
- **Agregado fino:** Es una arena natural proveniente de canteras aluviales o de arena producida artificialmente. La forma de las partículas deberá ser generalmente cúbica o esférica y razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas.
- **Bancos de préstamo:** Es el sitio o lugar del cual se extrae el material (agregados) para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente.
- **Cohesión:** Es la fuerza aglomerante del ligante con el agregado; lo que ayuda a aumentar la resistencia al corte de la mezcla y a la vez sufre variación con la temperatura.
- **DOM:** Dirección de Obras Municipales.
- **Durabilidad:** Es la capacidad de un pavimento de resistir a la desintegración debido al tránsito, al clima y pérdida de cohesión al paso del tiempo.

- **Emulsión asfáltica:** La emulsión asfáltica (asfalto emulsionado), al igual que el asfalto diluido, también se denomina asfalto líquido para distinguir este producto de los ligantes asfálticos semisólidos o sólidos típicos. Es una mezcla de dos componentes normalmente inmiscibles (asfalto y agua) y un agente emulsionante (normalmente solución jabonosa)
- **Especificaciones técnicas:** Son aquellas que se utilizan para definir los parámetros de control de calidad de los materiales pétreos que son utilizados para la elaboración del diseño de una carpeta asfáltica.
- **Estabilidad:** Es la capacidad de un pavimento asfáltico para resistir las cargas de tránsito sin que se produzcan deformaciones.
- **Fog Seal:** es un tratamiento de mantenimiento que consiste en aplicar una emulsión asfáltica diluida sobre una superficie de asfalto. Este método se usa para sellar grietas, mejorar la retención de áridos y prolongar la vida útil del pavimento.
- **Filler:** Son sustancias finamente divididas las cuales son insolubles en asfalto pero que pueden ser dispersadas en él, como un medio de modificar sus propiedades mecánicas y consistencia. El efecto general de la adicción es endurecer el asfalto/emulsión asfáltica.
- **Flexibilidad:** Es la capacidad de un pavimento asfáltico para adaptarse a los movimientos y asentamientos de la base y sub-rasante sin agrietarse.
- **FOVIAL:** Acrónimo para Fondo de Conservación Vial de El Salvador.
- **Grado de desempeño o PG:** Es el análisis del ligante asfáltico según sus condiciones de uso, considerando las condiciones climáticas esperadas y el envejecimiento en planta y en campo.
- **Granulometría:** Es la distribución de las partículas por tamaño expresado como porcentajes del peso total del agregado.
- **Gravedad específica:** Es la relación entre el peso de un volumen dado de agregado y el peso de un volumen igual de agua.
- **Impermeabilidad:** Es la resistencia del pavimento/emulsion a ser penetrado por el agua y el aire.
- **Ligante asfáltico:** Es un material aglomerante sólido o semisólido de color negro o pardo oscuro, que se ablanda gradualmente al calentarse y cuyos constituyentes predominantes son hidrocarburos pesados, que se obtienen de la refinación del petróleo.

- **Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC):** Es un material utilizado en la construcción, el cual está formado por una combinación de áridos (agregados, incluyendo el polvo mineral) al que se añade un ligante asfáltico.
- **Micropavimento:** es una mezcla asfáltica que se utiliza para reparar y conservar pavimentos de carreteras, calles y avenidas. Se aplica en capas para corregir baches, hundimientos, grietas y desniveles; El micropavimento se compone de: Emulsión asfáltica, Agregados, Filler mineral, Agua, Polímeros, Aditivos.
- **MOPT:** Siglas para Ministerio de Obras Públicas y Transporte de El Salvador.
- **MS-1:** Siglas en inglés de “Manual series No. 1”, para Manual Número 1 del Instituto del Asfalto de Los Estados Unidos (Para diseño de estructura de pavimento)
- **MS-2:** Siglas en inglés de “Manual series No. 2”, para Manual Número 2 del Instituto del Asfalto de Los Estados Unidos (Para diseño de mezclas asfálticas)
- **MS-22:** Siglas en inglés de “Manual series No. 22”, para Manual Número 22 del Instituto del Asfalto de Los Estados Unidos (Procesos constructivos de pavimentos)
- **MSCR:** Siglas en inglés de “Multi-Stress Creep and Recovery”, para (ensayo de) deformación y recuperación repetida por multi esfuerzos (ensayo realizado al ligante asfáltico)
- **PAV:** Siglas en inglés de “Pressure Aging Vessel”, para Vasija de Envejecimiento a presión (ensayo realizado al ligante asfáltico).
- **PG:** Siglas en inglés de “Performance Grade”, para Grado de desempeño del ligante asfáltico.
- **Reciclado e pavimentos:** Es la reutilización de los materiales de los pavimentos demolidos para construir nuevos pavimentos. Este proceso es una alternativa sostenible que reduce los residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero.
- **RTFOT:** Siglas en inglés de “Rolling Thin Film Oven Test”, para Ensayo de Horno Rotatorio de Película Delgada (ensayo realizado al ligante asfáltico)
- **SIECA:** Siglas para Secretaría de Integración Económica Centroamericana.
- **Tamiz:** Colador de malla fina o tamiz, es una herramienta que se utiliza para separar elementos deseados de material no deseado o para controlar la distribución del tamaño de las partículas de una muestra.
- **Trabajabilidad:** Es la facilidad que tiene una emulsión para ser manipulada.

- **Tratamiento superficial:** Son una técnica de pavimentación que consiste en aplicar una capa de emulsión asfáltica sobre el pavimento existente. Este tipo de tratamiento se utiliza para mejorar la condición de las carreteras y prolongar su vida útil.
- **Viscosidad:** Es un parámetro que se determina con un viscosímetro y que indica la consistencia del material. Este valor es importante para adaptar la emulsión a las condiciones climáticas, el soporte y la aplicación prevista.

CERTIFICADOS
DE EMULSIONES
ASFALTICAS

CERTIFICADO
DE ENSAYO
CSS-1H

		CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIONES ASFALTICAS (ASTM D-2397/ AASHTO M-208)									
FECHA DE PRODUCCION:		5/9/2024		MUESTREADA EN:		CATECO S.A. DE C.V.					
IDENTIFICACION DE MUESTRA:		CAT-CSS-001		FECHA DE MUESTREO:		6-sept-24					
MUESTREADA POR:		GRUPO TESIS		ENSAYADA POR:		GRUPO TESIS					
CSS-1H											
PRUEBAS DE COMPOSICION (ASTM D-244)											
RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)											
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA (B)		316.4	315.6	321.6	PESO DE ALAMBIQUE VACIO	A	2336.20	CARGA DE PARTICULA ASTM D 7402 METODO A			
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + EMULSION		366.5	365.5	371.6	PESO ALAMBIQUE + EMULSION	A1	2537.90	NIVEL DE CORRIENTE UTILIZADO (mA)			
PESO DE EMULSION (A) (50 ± 0.1 g)		50.1	49.9	50.0	PESO EMULSION (A1 - A) (200 ± 1 g)	C	201.70	ELECTRODO EN EL QUE SE DEPOSITA EL ASFALTO			
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + RESIDUO (A)		345.7	344.9	351.0	PESO ALAMBIQUE + RESIDUO	B	2454.40				
% RESIDUO ASFALTICO = 2 (A - B)		58.6	58.6	58.8	% RESIDUO ASFALTICO = (B-A)/C X 100		58.60				
Promedio		58.7%			TIEMPO DE DURACION DESTILACION	75 max (minutos)	63	PRUEBA DE MEZCLA DE CEMENTO			
					ml DE ACEITE DESTILADO EN PROBE	D	1.0	PESO DE MALLA INICIAL			
					% DE ACEITE DESTILADO (D/C)		0.50%	PESO DE MALLA FINAL			
					EMULSION CLASIFICA			DIFERENCIA:			
DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D-7226)											
TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (°C):											
LECTURA DE VISCOSIDAD				1ra Lectura	2da Lectura	3era Lectura	PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933				
PROMEDIO				144.8	144.1	145.0					
				144.6							
PRUEBAS DE ESTABILIDAD (ASTM D-244)											
ASTM D 6936: ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD DE EMULSIONES		PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 25 °C ASTM D 6937									
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA (a)				PESO DE EMULSION EN LA COPA		G	103.0140	PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930			
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + EMULSION (b)				FACTOR DE COPA		0.8355	86.0682	FONDO			
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + GRUPO DE ASFALTO LUEGO DE SECAR X 1h A 103 °C (c)				DENSIDAD A 25 °C EN g/LT		G x 11.98	1031.1	PESO BEAKER + AGITADOR DE VIDRIO (A)			
RESIDUO POR DEMULSIBILIDAD A = (b - a)				DENSIDAD A 25 °C EN LIBRAS/GLN		G/10	8.6068	PESO BEAKER + AGITADOR + EMULSION (B)			
% DEMULSIBILIDAD = 100 x (A/B)				DENSIDAD A 15 °C EN LIBRAS/GLN		x 1.00475	8.648	PESO BEAKER + AGITADOR + RESIDUO (C)			
PROMEDIO				PESO POR GALON A 15.6 °C = DENSIDAD/2.041 (Kg/Gln)			3.923	% R.A. = 1 - ((B-C)/(B-A))			
								% DE SEDIMENTACION: (% R.A. (FONDO) - % R.A. (TOP))			
								0.21			



EXAMINACION DEL RESIDUO (ASTM D-244)

PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53):			GRAVEDAD ESPECIFICA (ASTM D-70)(AASHTO T-228):	
MINUTO	TEMPERATURA MEDIDA (°C)	RANGO DE TEMPERATURA (°C)	A: PICONOMETRO SECO Y LIMPIO	37.6600
0			B: PICONOMETRO AFORADO CON AGUA (15.6°C) =	61.952
1	7.6		C: PICONOMETRO CON C.A. (15.6°C) =	56.1620
2	11.2		D: PICONOMETRO CON AGUA Y C.A. AFORADO A 15.6°C =	63.062
3	16.3	5.1	GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO ASFALTICO =	1.064
4	20.5	4.2		
5	25.0	4.5		
6	30.2	5.2		
7	35.5	5.3		
8	40.1	4.6		
9	45.2	5.1		
10	48.2	3.0		
11				
12				
13				
14				
15				

ASTM D 2042/ AASHTO T 44: Solubilidad en Tricloroetileno, (%)		
MEDIDAS	OBSERVACIONES	
A (Masa del crisol y filtro, grs)	despues de 20 min a 110 °C	
B (Masa de la muestra, grs)	temperatura ambiente	
C (Masa del crisol, filtro y material insoluble)	despues de 20 min a 110 °C	
% insoluble = $100 \times ((C - A) / B)$		
% Solubilidad = $100 \times (B - ((C - A) / B)) / B$	100.00	

ASTM D 113/AASHTO T 51: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
	92	88	104	95

ASTM D 5/ AASHTO T 49: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg. (dmm)	
1	54.2
2	53.6
3	53.0
PROMEDIO	53.6

ANILLO 1:	50.5	ANILLO 2:	50.9
-----------	------	-----------	------

PROMEDIO: 50.7

OBSERVACIONES:

Revisado por: 
Manuel Mojico



CERTIFICADO
DE ENSAYO
CSS-1HP

CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIONES ASFALTICAS (AASHTO M-316)									
		FECHA DE PRODUCCION:		5/9/2024		MUESTREADA EN:		CATECO S.A. DE C.V.	
		IDENTIFICACION DE MUESTRA:		CAT-CSS1HP-001		FECHA DE MUESTREO:		6-sept-24	
		MUESTREADA POR:		GRUPO TESIS		ENSAYADA POR:		GRUPO TESIS	
CSS-1HP									
PRUEBAS DE COMPOSICION (ASTM D-244)									
RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)									
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA (B)		315.1	315.7	317.2	PESO DE ALAMBIQUE VACIO		A	2336.20	CARGA DE PARTICULA ASTM D 7402 METODO A
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + EMULSION		365.2	365.6	367.2	PESO ALAMBIQUE + EMULSION		A1	2536.50	NIVEL DE CORRIENTE UTILIZADO (mÁ)
PESO DE EMULSION (A) (50 ± 0.1 g)		50.1	49.9	50.0	PESO EMULSION (A1 - A) (200 ± 1 g)		C	200.30	ELECTRODO EN EL QUE SE DEPOSITA EL ASFALTO
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + RESIDUO (A)		344.6	345.3	346.6	PESO ALAMBIQUE + RESIDUO		B	2453.90	
% RESIDUO ASFALTICO = 2 (A - B)		59.0	59.2	59.8	% RESIDUO ASFALTICO = (B-A)/C X 100			58.76	
Promedio		59.0%			TIEMPO DE DURACION DESTILACION		75 max (minutos)	61	PRUEBA DE MEZCLA DE CEMENTO
					ml DE ACEITE DESTILADO EN PROBEZA		D	1.1	
					% DE ACEITE DESTILADO (D/C)			0.55%	PESO DE MALLA INICIAL
					EMULSION CLASIFICA				PESO DE MALLA FINAL
									DIFERENCIA:
DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D-7226)									
TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (°C):				1ra Lectura	2da Lectura	3era Lectura	PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933		
LECTURA DE VISCOSIDAD				159.2	158.8	159.0	PESO DE TAMIZ + FONDO		
PROMEDIO				159.0			PESO DE RECIPIENTE + EMULSION		
							PESO DE RECIPIENTE VACIO		
							PESO DE TAMIZ + FONDO + RESIDUO		
							% SOBREPARTICULAS = ((B-A)/(C-D))x 100		
							PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930		
ASTM D 6936: ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD DE EMULSIONES		1	2	3	PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 25 °C ASTM D 6937		FONDO		
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA (g)					PESO DE EMULSION EN LA COPA		TOP		
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + EMULSION (g)					FACTOR DE COPA		PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)		
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + GRUPO DE ASFALTO + RESIDUO DE BECKER + MALLA (100 ± 0.1 g)					DENSIDAD A 25 °C EN g/Lt		PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)		
RESIDUO POR DEMULSIBILIDAD A = (c - a)					DENSIDAD A 25 °C EN LIBRAS/GLN		PESO BEAKER + AGITADOR + RESIDUO (C)		
% DEMULSIBILIDAD = 100 x (A/B)					DENSIDAD A 15 °C EN LIBRAS/GLN		% R.A. = 1-((B-C)/(B-A))		
PROMEDIO					PESO POR GALON A 15.6 °C = DENSIDAD/2.2041 (Kg/Gin)		59.48		
					3.919		% DE SEDIMENTACION: (% R.A. FONDO) - % R.A. (TOP)		
							0.28		



EXAMINACION DEL RESIDUO (ASTM D-244)

CERTIFICADO
DE ENSAYO
CRS-2H

CATECOLAB A E O CATECO, S.A. de C.V. CALIDAD Y TÉCNICAS EN CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V. INGENIERÍA - VENTILACIÓN - PINTURAS - CONSTRUCCIÓN CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIONES ASFALTICAS (ASTM D-2397/ AASHTO M-208)										
FECHA DE PRODUCCION:			5/9/2024		MUESTREADA EN:			CATECO S.A. DE C.V.		
IDENTIFICACION DE MUESTRA:			CAT-CRS-001		FECHA DE MUESTREO:			6-sept-24		
MUESTREADA POR:			GRUPO TESIS		ENSAYADA POR:			GRUPO TESIS		
CRS-2H										
PRUEBAS DE COMPOSICION (ASTM D-244)										
RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934 (Repetibilidad = 0.4% en peso)										
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA (B)			292.2		282.6		301.0		RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6987	
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + EMULSION			342.2		332.6		351.0		A	
PESO DE EMULSION (A) (60 ± 0.1 g)			50.0		50.0		50.0		A1	
PESO DE RECIPIENTE + VARILLA + RESIDUO (A)			325.0		315.4		333.8		C	
% RESIDUO ASFALTICO = 2 (A - B)			65.6		65.6		65.6		B	
Promedio			65.6%		65.6%		65.6		2466.70	
									ELECTRODO EN EL QUE SE DEPOSITA EL ASFALTO	
									PRUEBA DE MEZCLA DE CEMENTO	
									PESO DE MALLA INICIAL	
									PESO DE MALLA FINAL	
									DIFERENCIA:	
DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE EMULSION ASFALTICA USANDO UN VISCOSIMETRO ROTACIONAL DE PALETAS (ASTM D-7226)										
TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (°C):			1ra Lectura		2da Lectura		3era Lectura			
LECTURA DE VISCOSIDAD			366.4		370.2		367.8			
PROMEDIO			368.1		368.1		367.8			
PRUEBAS DE ESTABILIDAD (ASTM D-244)										
ASTM D 6936: ENSAYO DE DEMULSIBILIDAD DE EMULSIONES			1		2		3			
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA (g)			331.3		331.3		417.6		PESO DE TAMIZ + FONDO	
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + EMULSION (g)			431.3		431.3		517.6		PESO DE RECIPIENTE + EMULSION	
PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + EMULSION + RESIDUO DE SECAR X 1h A 150 °C (g)			365.1		363.1		448.9		PESO DE RECIPIENTE VACIO	
RESIDUO POR DEMULSIBILIDAD A 15 °C (g)			33.8		31.8		31.3		PESO DE TAMIZ + FONDO + RESIDUO	
% DEMULSIBILIDAD = 100 x (A/B)			51.52		48.48		47.71		% SOBREPARTICULAS = ((B-A)/(C-D))x 100	
PROMEDIO			49.24		49.24		47.71		0.03747	
									PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930	
									FONDO	
									PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	
									PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	
									PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	
									% R.A. = 1-((B-C)/(B-A))	
									65.86	
									66.01	
									% DE SEDIMENTACION: (% R.A. FONDO) - % R.A. (TOP)	
									0.15	



EXAMINACION DEL RESIDUO (ASTM D-244)

PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53):		
MINUTO	TEMPERATURA MEDIDA (°C)	RANGO DE TEMPERATURA (°C)
0		
1	7.6	
2	11.2	
3	16.3	5.1
4	20.5	4.2
5	25.0	4.5
6	30.2	5.2
7	35.6	5.4
8	40.1	4.5
9	45.2	5.1
10	50.4	5.2
11		
12		
13		
14		
15		

ANILLO 1:	51.0	ANILLO 2:	51.2
-----------	------	-----------	------

PROMEDIO: 51.1

OBSERVACIONES:

Revisado por:  - ~~Manuel Májico~~

GRAVEDAD ESPECIFICA (ASTM D-70)(AASHTO T-228):	
A: PICONOMETRO SECO Y LIMPIO	37.6500
B: PICONOMETRO AFORADO CON AGUA (15.6°C) =	61.952
C: PICONOMETRO CON C.A. (15.6°C)=	56.1560
D: PICONOMETRO CON AGUA Y C.A. AFORADO A 15.6°C =	63.054
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO ASFALTICO=	1.063

ASTM D 2042/ AASHTO T 44: Solubilidad en Tricloroetileno, (%)		
MEDIDAS		OBSERVACIONES
A (Masa del crisol y filtro, grs)		despues de 20 min a 110 °C
B (Masa de la muestra, grs)		temperatura ambiente
C (Masa del crisol, filtro y material insoluble)		despues de 20 min a 110 °C
% insoluble = $100 \times ((C - A) / B)$		
% Solubilidad = $100 \times (B - ((C - A) / B)$		100.00

ASTM D 113/AASHTO T 51: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
	86	98	114	99

ASTM D 5/AASHTO T 49: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg. (dmm)	
1	52.8
2	53.2
3	54.0
PROMEDIO	53.3

CERTIFICADO
DE ENSAYO
CQS-1HP

CERTIFICADO
DE ENSAYO
AC-30

NORMAS ASTM



Designation: D7402 – 09 (Reapproved 2017)

Standard Practice for

3 IDENTIFYING CATIONIC EMULSIFIED ASPHALTS¹²

This standard is issued under the fixed designation D7402; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

3.1 1. SCOPE

1.1 This practice is used to identify cationic emulsified asphalts. Positively charged particles are classified as cationic. Emulsified asphalts that don't register a positive charge may also be classified as cationic slow-setting if they coat a specific type of negatively charged silica sand.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.4 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

3.2 2. REFERENCED DOCUMENTS

2.1 *ASTM Standards*.¹³

[C778 Specification for Standard Sand](#)

[D2397 Specification for Cationic Emulsified Asphalt](#)

[E1 Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers](#)

3.3 3. SIGNIFICANCE AND USE

3.1 Cationic emulsified asphalts are identified by the migration of the particles to a negatively charged electrode (cathode) by means of a direct current. Aggregates and sands used in conjunction with emulsified asphalts are often predominantly either negatively or positively charged. Emulsified asphalts should be selected to be compatible with the available aggregate or sand. This practice will aid in identifying a cationic type of emulsified asphalt as defined by Specification [D2397](#).

4. SAMPLE CONDITIONING FOR TESTING

4.1 All emulsified asphalts shall be properly stirred to achieve homogeneity before testing.

4.2 All emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 50 °C shall be heated to 50 ± 3 °C in the original sample container in a water bath or oven. The container should be vented to relieve pressure. After the sample reaches 50 ± 3 °C, stir the sample to achieve homogeneity.

4.3 Emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 25 °C should be mixed or stirred at 25 ± 3 °C in the original sample container to achieve homogeneity.

NOTE 1—Emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 25 °C may be heated and stirred as specified in [4.2](#) if necessary. In the event the [4.2](#) method is used, the sample should be cooled to 25 ± 3 °C before testing.

METHOD A

¹² This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee [D04](#) on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee [D04.42](#) on Emulsified Asphalt Test.

Current edition approved Oct. 1, 2017. Published October 2017. Originally approved in 2009. Last previous edition approved in 2009 as D7402 – 09. DOI: 10.1520/D7402-09R17.

¹³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

3.5 5. APPARATUS

5.1 *Current Source*, of 12-V DC, a milliammeter, and a variable resistor (see Figs. 1 and 2).

5.2 *Electrodes*—Two stainless steel plates, approximately 25 mm by 100 mm insulated from each other and rigidly held parallel 12.5 ± 0.5 mm apart (see Fig. 3).

5.3 *Insulator*—Polytetrafluoroethylene resin square rod, virgin electrical grade, 12.5 ± 0.5 mm thick (see Fig. 3).

5.4 *Glass Beaker*, 250-mL.

5.5 *Glass Rod*, approximately 100 mm long and 6 mm thick or other suitable material or device that is capable of insulating and suspending the electrode assembly in emulsified asphalt.

5.6 *Water Bath*, capable of maintaining the required testing temperature within the limits specified in this test method.

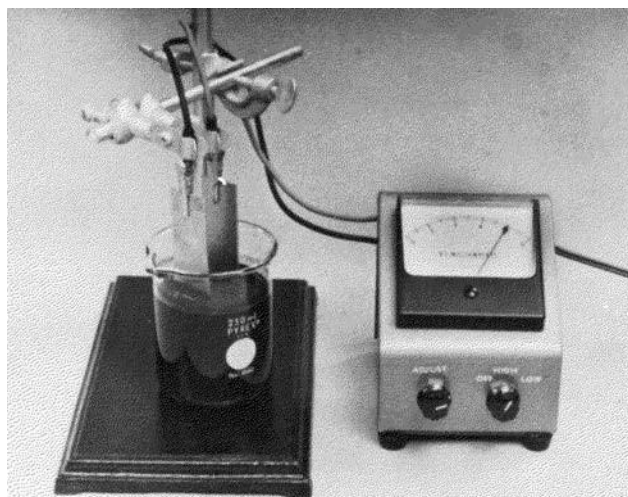


FIG. 1 Particle Charge Tester

agencies as a hazardous material that can cause central nervous system, kidney, and liver damage. Mercury, or its vapor, may be hazardous to health and corrosive to materials. Caution should be taken when handling mercury and mercury-containing products. See the applicable product Material Safety Data Sheet (MSDS) for details and the EPA's website (www.epa.gov/mercury/faq.htm) for additional information. Users should be aware that selling mercury and/or mercury-containing products in your state may be prohibited by state law.

3.6 7. PROCEDURE

7.1 Prepare the emulsified asphalt to be tested as shown in Section 4.

7.2 Pour the emulsified asphalt to be tested into the 250-mL beaker to a height that will allow the electrodes to be suspended approximately 25 mm in the emulsified asphalt. To facilitate suspension of the electrodes, insert the glass rod or equivalent between the two electrodes under the insulator. Place the ends of the glass rod or equivalent on the two opposite top edges of the beaker. An apparatus capable of manual height adjustment to insulate and suspend electrode assembly in emulsified asphalt may be used if desired.

5.7 *Thermometer*, ASTM 19C or 19F conforming to the requirements of Specification E1 or equivalent thermometric device.

6. Hazards

6.1 **Warning**—Mercury has been designated by the United States Environmental Protection Agency (EPA) and many state

7.3 Connect the electrodes, that have been properly cleaned (Note 2), to the DC source. The cathode (negative electrode) should be connected to the negative terminal of the current source. If the electrodes are connected to the current source internally, the negative one should be identified in black.

NOTE 2—New electrodes and electrodes to be reused should be cleaned in the following sequence: (1) wash with distilled water; (2) wash with a suitable asphalt solvent; (3) wash with isopropyl or ethyl alcohol; and (4) wash with distilled water.

7.4 Adjust the current to at least 8 mA with the variable resistor and start timing with a suitable timing device. In some cases, a higher current level may be specified, however, the current used shall be reported.

7.5 When the current drops to 2 mA or at the end of 30 min, whichever occurs first, disconnect the current source and gently wash the electrodes with a smooth, thin stream of distilled water.

7.6 Observe the asphalt deposit on the electrodes. A cationic emulsified asphalt will deposit a discernible amount of asphalt on the cathode (negative electrode) while the anode (positive electrode) will be relatively clean. Any evidence of a deposit of asphalt on the cathode which is clearly discernible when compared to the anode is to be considered passing.

8. REPORT

8.1 Report the following information:

8.1.1 Level of current used, and

8.1.2 Whether the tested emulsified asphalt passes or is non-conclusive as defined in 7.6.



8.2 If the emulsified asphalt does not produce conclusive results using Method A and it is purported to be a cationic slow-setting grade, then proceed with Method B shown below for identification of cationic slow-set emulsified asphalt.

METHOD B

3.8 9. SUMMARY OF PRACTICE

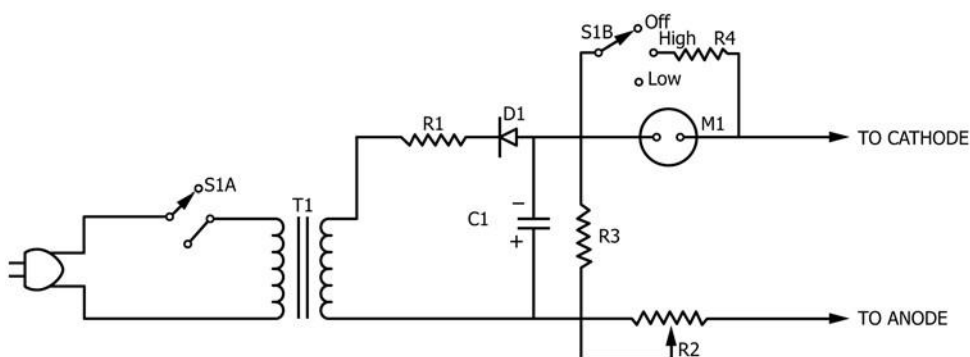
9.1 A weighed amount of washed and dried silica sand is hand mixed with a weighed amount of emulsified asphalt. Mixing time should extend until aggregate is completely coated. The amount of cationic slow-setting grade emulsified asphalt in the mix should give a total mix asphalt content of about 5.0 %. The sample is spread out and allowed to air cure for 24 h. The

11.2 *Screen*—850- μm mesh folded into a circular configuration with the edges folded downward, or cut a strip of 850- μm mesh screen approximately 25 mm by 355 mm in length and a circular screen of the circumference of 1000-mL beaker. Bend the strip into a circle and insert it in the bottom of the beaker. Place the circular screen on top of the strip.

11.3 *Glass Beaker*, 1000-mL.

11.4 *Paper Napkin*.

11.5 *20–30 Standard Ottawa Silica Sand*, as described in Specification C778 (silica sand should be washed to remove impurities prior to test).



C1 – 500 μF 25-V capacitor

D1 – silicon diode

R1 – 47 Ω , 1-W resistor

R2 – 5000 Ω potentiometer

R3 – 6800 Ω , $\frac{1}{4}$ -W resistor

R4 – meter shunt (determined by type of meter used)

S1 – 2-pole, 3-position rotary switch

T1 – 12.6-V filament transformer

M1 – 0 to 10-mA milliammeter

FIG. 2 Particle Charge Tester Circuit Diagram

retained coating, after boiling, is determined.

3.9 10. SIGNIFICANCE AND USE

10.1 The conditions of the practice are designed to identify the adequacy of a slow-setting grade of emulsified asphalt (CSS-D2397) to properly mix, coat, and adhere to a specified silica sand aggregate.

10.2 This practice is intended to confirm the adhesive properties that exist between a cationic emulsified asphalt and silica sand and the adequacy of the sample to remain coated after being submerged in boiling water.

NOTE 3—Obtaining an acceptable result utilizing Method B does not guarantee to the user that the emulsified asphalt will be compatible with other cationic emulsified asphalts. It is recommended that the user verify compatibility of the products in some other manner prior to mixing or blending of emulsified asphalts into one storage vessel.

3.10 11. APPARATUS AND MATERIAL

11.1 *Heat Source*—Hot plate or Bunsen burner. The use of a Bunsen burner will necessitate the placement of an interfacial material between the flame and beaker.

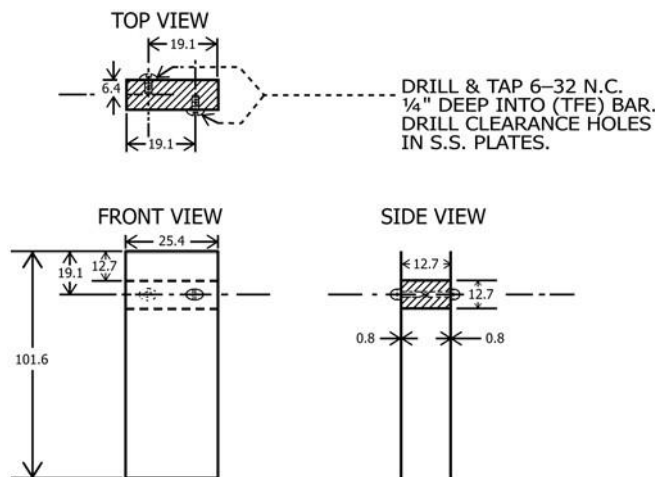


FIG. 3 Insulator

11.6 *Spatula*—A metal spatula or its equivalent, having a blade of approximately 200 mm in length.



11.7 *Mixing Container*, 400-mL glass or metal beaker or bowl.

11.8 *Beaker Tongs*.

3.11 12. PROCEDURE

12.1 Weigh 150 g of dry silica sand into the mixing container.

12.2 Add 12 g of the emulsified asphalt and immediately begin to mix vigorously for 20 to 60 s or until silica sand is completely coated. (Water may be added to facilitate mixing; 1.0 % is generally sufficient.)

12.3 The sample should be spread onto a paper napkin in such a manner as to facilitate curing. Allow to air cure for 24 h. (Remove sample from paper napkin and break into several pieces; observe whether sample is completely cured. If sample is not completely cured, allow additional curing time.)

12.4 Boil about 500 mL of distilled water in a 1000-mL beaker containing 850- μ m mesh screen shelf. Place the coated silica sand in the boiling water on top of the screen.

12.5 Boil for 10 min and then decant the water.

12.6 Spread the sample on a level surface and observe the coating of the mix.

3.12 13. REPORT

13.1 From the visual examination of the amount of coated and uncoated areas in the mixture, record the retained coating, after boiling, of the total sand surface area. If the retained coating is in excess of 50 %, the emulsified asphalt should be considered as having a passing rating for classification of slow-setting cationic emulsified asphalt.

13.2 Report the following information:

13.2.1 Whether the emulsified asphalt has a passing or failing rating as described in 13.1.

3.13 14. KEYWORDS

14.1 asphalt emulsion; cationic emulsified asphalt; emulsified asphalt; emulsion; particle charge

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; http://www.copyright.com/



Designation: D7226 – 13 (Reapproved 2023)

Standard Test Method for Determining the Viscosity of Emulsified Asphalts Using a Rotational Paddle Viscometer¹

This standard is issued under the fixed designation D7226; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (°) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method utilizes the rotational paddle viscometer to measure the viscosity of emulsified asphalt. It is applicable to all the emulsified asphalts described in Specifications [D977](#) and [D2397/D2397M](#).

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.4 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

[D140/D140M](#) Practice for Sampling Asphalt Materials

[D977](#) Specification for Emulsified Asphalt

[D2397/D2397M](#) Specification for Cationic Emulsified Asphalt

[E11](#) Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

3. Terminology

3.1 *Definitions:*

3.1.1 *viscosity, n* —ratio of shear stress to shear rate.

3.1.1.1 *Discussion*—The SI unit of viscosity is the Pascal second (Pa·s).³

4. Summary of Test Method

4.1 The rotational paddle viscometer method is used to measure the apparent viscosity of emulsified asphalt at 50 °C, 25 °C, or other agreed-upon temperatures. A microprocessor circuitry system functioning in tandem with a temperature probe and equipped with internal electronic sensors detects and analyzes the preset temperature. A paddle is immersed in the emulsified asphalt sample and is rotated at 100 r/min. The apparent viscosity of the sample is obtained and read from the electronic display or an optional printer.

5. Significance and Use

5.1 The viscosity of emulsified asphalts characterizes their flow properties and affects their utility at 50 °C or at other temperatures. The sprayability and workability of an emulsified asphalt are directly related to its viscosity for many applications. The material must be thin enough to be sprayed yet thick enough such that it will not flow from the crown or grade of the road. For mixing-grade emulsified asphalts, the viscosity will affect its workability and resulting film thickness on the aggregate. This test method is useful to measure the apparent viscosity of emulsified asphalt at a temperature of 50 °C, 25 °C, or another agreed-upon temperature. The preset temperature and rotational speed at 100 r/min allow for an automated and consistent determination of an emulsified asphalt viscosity within a short time.

6. Apparatus

6.1 The rotational paddle viscometer test system consists of a paddle, temperature probe, sample cup, the sample cup cover, a means of controlling the sample temperature to within



1

This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.42 on Emulsified Asphalt Test.

Current edition approved March 1, 2023. Published March 2023. Originally approved in 2006. Last previous edition approved in 2017 as D7226 – 13 (2017). DOI: 10.1520/D7226-13R23.

2

For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

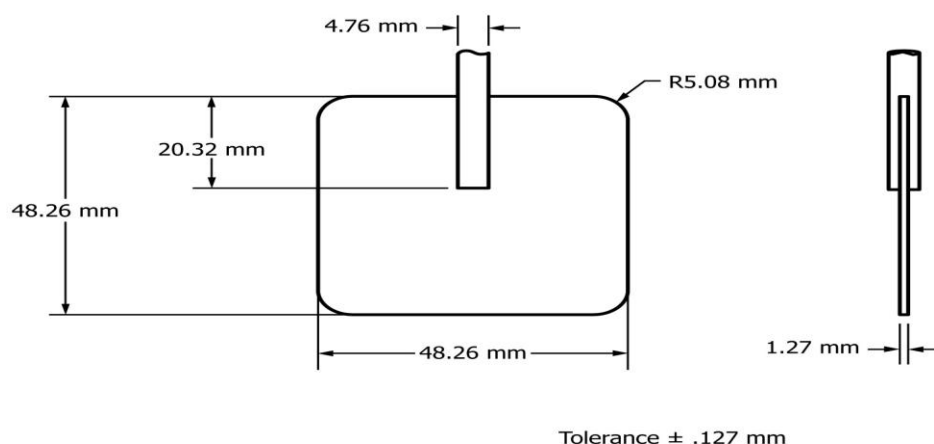
60.1 °C, and a readout system to display viscosity. The dimensions of the sample cup and paddle are shown in Figs. 1-3.

6.2 *Thermometer*—Any thermometric device can be used to monitor the temperature of the sample being conditioned for testing.

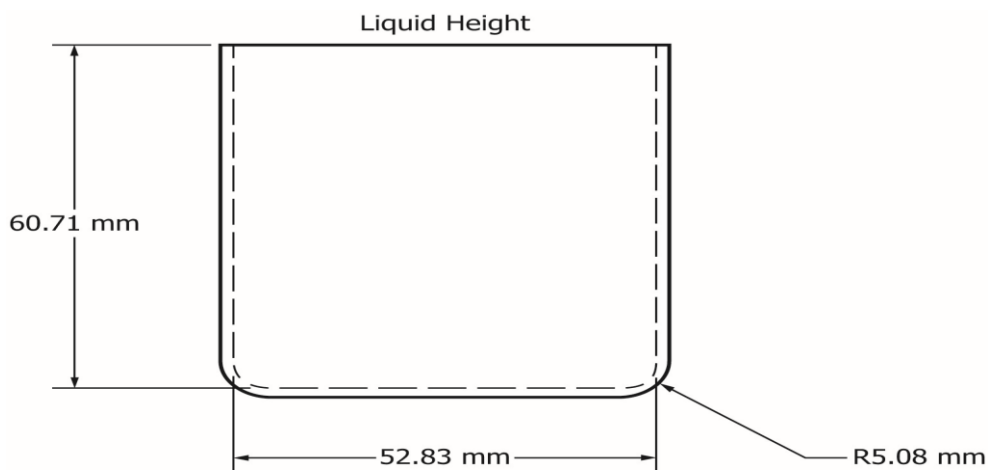
3

2

The centimetre gram second (cgs) unit of viscosity is the poise (dynes/cm²) and is equivalent to 0.1 Pa·s. One centipoise (cP) is one millipascal second (mPa·s).



3.1.1 FIG. 1 PADDLE DIMENSIONS



Tolerance $\pm .127$ mm

FIG. 2 Sample Cup Dimensions

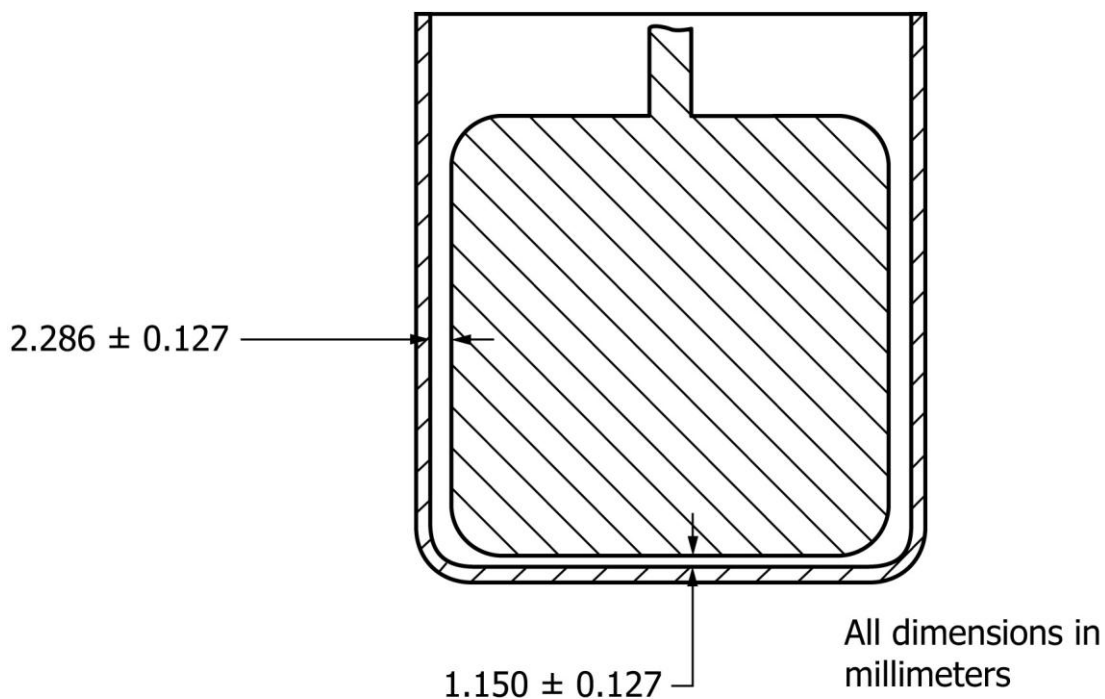


FIG. 3 Paddle and Sample Cup

6.3 *Sieve*—An 850 μm sieve or a 20 mesh strainer of wire cloth, framed or unframed, conforming to Specification E11 is used.

6.4 *Oven/Water Bath*—An oven/water bath capable of maintaining the required testing temperature within the limit of 63 °C.



1.2 7. HAZARDS

7.1 **Warning**—Mercury has been designated by the EPA and many state agencies as a hazardous material that can cause central nervous system, kidney, and liver damage. Mercury, or its vapor, may be hazardous to health and corrosive to materials. Caution should be taken when handling mercury and mercury-containing products. See the applicable product Material Safety Data Sheet (MSDS) for details and the EPA’s website – <http://www.epa.gov/mercury/faq.htm> – for additional information. Users should be aware that selling mercury and/or mercury-containing products in your state may be prohibited by state law.

1.3 8. CALIBRATION AND STANDARDIZATION

8.1 Calibrate the rotational paddle viscometer at periodic intervals or as required by measuring the viscosity at 25 °C of an appropriate standard following the procedure in Section 9.

8.2 If the measured viscosity standard differs from the certified value by more than 11 %, calculate a correction factor, *F*, for the viscometer as follows:

$$F^5 \eta_s / \eta$$

&RS;ULJKWE\$670,QW ODOULJKWVUHVHUYHG0RQ0DU87&
'RZQORDGHGSULQWHGE'
8QLYHUVLGDG&HQWURDPHULFDQDSXUVXDQWWR/LFHQVH\$JUHHPHQWIRIXUWKHU
UHSURGXFWLRQVDXWKRULJHG

where:
 η_s = certified viscosity of the standard at the test temperature
and
 η = measured viscosity at 25 °C.

8.3 Calibrate the rotational paddle viscometer in the same manner as above, using a viscosity standard for 50 °C.

1.4 9. PROCEDURE

9.1 Obtain a representative sample of the material for testing using standard procedures as specified in Practice D140/D140M.

9.2 Turn on the viscometer power and set to the test temperature and attach the paddle to the viscometer. Allow the instrument to warm up for a minimum of 30 min.

9.3 Emulsified asphalts with a viscosity testing requirement of 50 °C shall be heated to 50 ± 3 °C in the original sample container in a water bath or oven as described herein. If the

sample temperature is greater or less than 50 °C then it should be conditioned to the required test temperature. Pour the sample into a clean sample cup through the 850 µm sieve or 20 mesh strainer to the fill line of the viscometer sample cup.

9.4 Emulsified asphalts with a viscosity testing temperature requirement of 25 °C should be conditioned at 25 ± 3 °C in the original sample container to achieve homogeneity. Pour the sample into the sample cup after passing through an 850 µm or 20 mesh sieve.

9.5 Pull the heater block forward and clear of the paddle. Place the filled sample cup into the heater block and rotate the cup to lock it in place. Push the heater block back until it stops beneath the paddle.

9.6 Raise the heater block to submerge the paddle into the sample. Verify that the paddle and temperature probe are totally submerged in the sample. The paddle should be free to rotate. Place the sample cover over the sample cup.

9.7 Verify that the temperature of the sample is a few degrees lower than the target temperature before beginning the automatic test sequence then enter RUN TEST. The rotational speed is preset by the manufacturer to 100 r/min.

9.8 After the test is completed, record the viscosity reading from the viscometer and, if appropriate, apply the correction factor as described in Section 8.

3.1.5 10. REPORT

10.1 Report the apparent viscosity in mPa·s to the nearest 0.1 mPa·s from the viscometer.

10.2 Report the temperature to the nearest 0.1 °C.

3.1.6 11. PRECISION AND BIAS

11.1 The following criteria should be used for judging the acceptability of results (95 % probability):¹⁴

11.1.1 *Single-Operator Precision*—Duplicate results by the same operator should not be considered suspect unless they differ by more than the following amount:

Test Temperature	Viscosity	Repeatability
°C	mPa.s	% of the mean
25	25 to 200	8.2
50	100 to 1000	12.9

11.1.2 *Multilaboratory Precision*—The results submitted by each of two laboratories should not be considered suspect unless they differ by more than the following amount:

Test Temperature	Viscosity	Reproducibility
------------------	-----------	-----------------

¹⁴ Research Reports RR:D04-1037 and RR:D04-1038 present the results of the interlaboratory study used to establish the precision and bias statement for ASTM D7226, Standard Test Method for Determining the Viscosity of Emulsified Asphalt



°C	mPa.s	% of the mean
25	25 to 200	22
50	100 to 1000	64

11.2 *Bias*—No information can be presented on the bias of the procedure because no material having the accepted reference value is available.

3.1.7 12. KEYWORDS

12.1 emulsified asphalt; rotational; rotational paddle viscometer; viscosity

Using a Rotational Paddle Viscometer. The collaborative study included respectively 14 labs and 15 labs that used Method D7226 to analyze the viscosity of several types of emulsified asphalt of varying viscosity levels, including three different standards. The research reports present summary method performance statistics as well as the measurement data used to calculate results for the study.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>



Designation: D6937 – 16

Standard Test Method for

4 DETERMINING DENSITY OF EMULSIFIED ASPHALT¹⁵

This standard is issued under the fixed designation D6937; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (°) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

4.1 1. SCOPE

1.1 This test method covers the determination of density of emulsified asphalt used in highway construction. This unit is computed by determining the mass of an emulsified asphalt contained in a standard measure of known volume.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 *This test method does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

4.2 2. REFERENCED DOCUMENTS

2.1 *ASTM Standards:*

E1 Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers

4.3 3. SIGNIFICANCE AND USE

3.1 This test method provides a controlled laboratory test for the determination of quantitative volumes of emulsified asphalt for use in bills of lading, invoicing, and application rates.

4.4 4. SAMPLE CONDITIONING FOR TESTING

4.1 All emulsified asphalts shall be properly stirred to achieve homogeneity before testing.

4.2 All emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 50°C shall be heated to 50 ± 3°C in the original sample container in a water bath or oven. The container should be vented to relieve pressure. After the sample reaches 50 ± 3°C, stir the sample to achieve homogeneity.

4.3 Emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 25°C should be mixed or stirred at 25 ± 3°C in the original sample container to achieve homogeneity.

NOTE 1—Emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 25°C may be heated and stirred as specified in 4.2 if necessary. In the event the 4.2 method is used, the sample should be cooled to 25 ± 3°C before testing.

4.5 5. APPARATUS

5.1 *Density Cup*—Stainless steel measure of known standard volume (83.2 mL).

5.2 *Balance*—capable of being read to the nearest 0.01 g.

5.3 *Water Bath*—constant-temperature, maintained at 25 ± 0.5°C.

5.4 *Thermometer*—ASTM 17C conforming to the requirements of Specification **E1** or equivalent thermometric device.

¹⁵ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.42 on Emulsified Asphalt Test.

Current edition approved Sept. 15, 2016. Published September 2016. Originally approved in 2004. Last previous edition approved in 2008 as D6937 – 08. DOI: 10.1520/D6937-16.

4.6 6. PROCEDURE

6.1 Stir the emulsified asphalt sample and place in a constant-temperature water bath maintained at $25 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and bring sample to temperature.

6.2 Place the measure and its cap on the balance, tare, and zero the balance.

6.3 Remove the emulsified asphalt sample from the bath and stir, using care to avoid trapping air in the sample. If necessary, strain through a $850\text{-}\mu\text{m}$ sieve to remove any skin or film that might be present in the emulsified asphalt.

4.7 7. CALCULATION

6.4 Bring the measure to approximately 25°C and pour the emulsified asphalt into the measure, filling it completely (or within 2 mm of the rim).

6.5 Start placing the cap into the measure and remove, with a clean dry rag or paper, the excess emulsified asphalt oozing through the orifice in the cap.

6.6 When the cap is placed on tightly, clean the measure carefully, determine the mass on the tared balance to the nearest 0.01 g, and record.

7.1 Calculate the density of the emulsified asphalt as follows:

$$W/G \sim 11.98! \quad (1)$$

where:

W = unit density of the emulsified asphalt, as expressed in g/L, and

4.8 D69

37 – 16

G = mass of emulsified asphalt in the measure, g.

NOTE 2—If the desired units are to be expressed in pounds per gallon at 25°C , then the calculation would be $W = G/10$. Pounds per gallon at 25°C may be translated to pounds per gallon at 15.6°C by using a multiplier of 1.00475. The calculation of Imperial gallon mass may be made by using the proper conversion factors.

5.1.8 8. REPORT

8.1 Report the unit density of the emulsified asphalt in g/L to the nearest whole unit at 25°C .

5.1.9 9. PRECISION AND BIAS

3.1.10 10. KEYWORDS

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. RECOMMENDED CUP STANDARDIZATION PROCEDURE

9.1 The following criteria should be used for judging the acceptability of results (95 % probability):

9.1.1 Duplicate results by the same operator should not be considered suspect unless they differ by more than the following amount:

X1.1 The density cup has been used for testing of various materials (emulsified asphalts, paints, lacquer, other liquids) for a number of years. This Appendix is intended to provide a recommended basis for the verification of the capacity of the cup, or a cup factor to make determinations more accurate.

Unit Density	Repeatability	grams per litre	25°C
0.019			

9.1.2 The results submitted by each of two laboratories should not be considered suspect unless they differ by more than the following amount:

Unit Density	Reproducibility	grams per litre	25°C
0.034			

9.2 The bias of this test method cannot be determined because no material having an accepted reference value is available.

10.1 asphalt emulsion; cationic emulsified asphalt; density; emulsified asphalt; emulsion; weight per gallon

X1.2 *Recommended Procedure*—Determine the mass of the empty cup with cover and record the mass (optional: tare the balance). Condition the cup and distilled water to $25 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Fill the cup within 2 mm of the rim with the distilled water, being careful not to incorporate any air bubbles. Carefully place

the cover on the cup, and seal it with a rotary motion. Wipe off the excess water that exudes through the hole in the cover and around the rim. Determine the mass of the filled cup, cover and water after wiping and find the net mass of water (optional: read mass directly from previously tared balance).

Net mass of water = final mass - empty mass

It is recommended that this process be repeated 3 times for each cup, with the data being averaged, to get a reading as accurate as possible.

X1.3 Recommended Calculation —The cup factor is calculated by dividing the net mass value from above into 83.205.

X1.3.1 Example 1: If the cup actually holds 83.000 g:

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; http://www.copyright.com/

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: D6934 – 22

Standard Test Method for

5 RESIDUE BY EVAPORATION OF EMULSIFIED ASPHALT¹⁶

This standard is issued under the fixed designation D6934; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

5.1 1. SCOPE

1.1 This test method covers the quantitative determination of residue in emulsified asphalts composed principally of a

83.205/83.000 × 1.0025. Multiply all cup readings by 1.0025.

X1.3.2 Example 2: If the cup actually holds 83.400 g:

83.205/83.400 × 0.9977. Multiply all cup readings by 0.9977.

X1.4 Useful Conversions—The following conversions are for pounds per U.S. gallon and specific gravity at 25°C:

pounds per U.S. gallon

~mass of cup contents! × 0.1000! × cup factor!

specific gravity

~mass of cup contents! × 0.01202! × cup factor!

semisolid or liquid asphaltic base, water, and an emulsifying agent.

¹⁶ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.42 on Emulsified Asphalt Test.

Current edition approved July 1, 2022. Published July 2022. Originally approved in 2004. Last previous edition approved in 2016 as D6934 – 08 (2016). DOI: 10.1520/D6934-22.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.5 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

2.2. REFERENCED DOCUMENTS

- 2.1 ASTM Standards:¹⁷
 - D3666 Specification for Minimum Requirements for Agencies Testing and Inspecting Road and Paving Materials
 - D6997 Test Method for Distillation of Emulsified Asphalt
 - E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

3.3. SIGNIFICANCE AND USE

3.1 The test may be used to indicate compositional characteristics of emulsified asphalt. Evaporation residue may also be subjected to other characterization tests.

3.2 This test method for residue by evaporation tends to give an asphaltic residue lower in penetration and ductility than the

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States

&RS\ULJKWE\S670,QW ODOULJKWVUHVVHUYHG0RQ0DU87&
'RZQORDGHSULQWHGE\
8QLYHUVLGDG&HQWURDPHULFDQDSXUVXDQWWR/LFHQVHSJUHHPHQWIRIXUWKHUHSURGXFWLRQVDX
WKRULJHG

5.6 D6934 – 22

should be heated as described in 5.2 followed by stirring to achieve homogeneity. Stirring settled emulsions at 25 6 3 °C can result in incomplete mixing or in some cases sieve formation.

¹⁷ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM

distillation test method (D6997). Material may be accepted but shall not be rejected as failing to meet specifications containing requirements for determination of residue by distillation, on data obtained by evaporation. If residue from evaporation fails to meet the requirements for properties specified for residue from distillation, tests shall be rerun using the distillation test method.

NOTE 1—The quality of results produced by this standard is dependent on the competence of the personnel performing the procedure and the capability, calibration, and maintenance of the equipment used. Agencies that meet the criteria of Specification D3666 are generally considered capable of competent and objective testing, sampling, inspection, etc. Users of this standard are cautioned that compliance with Specification D3666 alone does not completely ensure reliable results. Reliable results depend on many factors; following the suggestions of Specification D3666 or some similar acceptable guidance provides a means of evaluating and controlling some of those factors.

4.4. SUMMARY OF METHOD

4.1 A sample of emulsified asphalt in an open top beaker is heated in an oven at 163 6 3 °C to determine the percentage of asphalt residue. The residue from the evaporation may be tested as required.

5.5. SAMPLE CONDITIONING FOR TESTING

5.1 All emulsified asphalts shall be properly stirred to achieve homogeneity before testing.

5.2 All emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 50 °C shall be heated to 50 6 3 °C in the original sample container in a water bath or oven. The container should be vented to relieve pressure. After the sample reaches 50 6 3 °C, stir the sample to achieve homogeneity.

5.3 Emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 25 °C should be mixed or stirred at 25 6 3 °C in the original sample container to achieve homogeneity.

NOTE 2—Emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 25 °C may be heated and stirred as specified in 5.2 if necessary. For example, if there is settlement at the bottom of the container the sample

Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

3.1.11 6. APPARATUS

6.1 *Beakers*, low form, 1000 mL capacity, made of glass or metal.

6.2 *Glass Rods*, with flame-polished ends, approximately 6 mm in diameter and approximately 180 mm in length.

6.3 *Balance*, capable of weighing 500 g to within 0.1 g.

6.4 *Oven*, capable of maintaining a temperature of 163 ± 3 °C.

6.5 *Sieve*, a 76.2 mm diameter, 300 µm sieve conforming to Specification E11.

3.1.12 7. PROCEDURE A

7.1 Use Procedure A when determination of the percentage of residue only is required.

7.2 Determine the mass of each of three beakers containing a glass rod to 0.1 g. Pour 50 ± 0.1 g of thoroughly mixed, emulsified asphalt into each of three beakers.

7.3 Place the beakers containing the rods and sample in the oven, which has been adjusted to 163 ± 3 °C, for 2 h. At the end of this period remove each beaker and stir the residue thoroughly. Replace in the oven for 1 h, then remove the beakers from the oven, allow to cool to ambient temperature, and determine the mass with the rods.

NOTE 3—Exercise care to prevent loss of asphalt from the beaker through foaming or spattering, or both. It is permissible for the technician to observe the beakers periodically and prevent boil-over by stirring the sample. The placing of beakers and emulsified asphalt samples in a cold or warm oven and bringing the oven and sample up to a temperature of 163 °C together is also permissible.

NOTE 4—If preferred, preliminary evaporation of water may be accomplished by careful heating on a hot plate, followed by oven treatment at 163 °C for 1 h.

NOTE 5—Adding a square of fine mesh screen (20 mesh is suitable) to the beaker tare and placing the screen on top of the beaker prevents loss of residue due to spattering should it occur.

3.1.13 8. PROCEDURE B

8.1 Use Procedure B when tests on the residue from the emulsified asphalts are required.

8.2 Proceed in accordance with 7.2 and 7.3 using four 50 ± 0.1 g samples. After the calculation for percentage of residue, replace the beakers in the oven until the asphalt residue is sufficiently fluid to pass through a 300 µm sieve (usually

requiring 15 to 30 min). Pour the residue of the four beakers through the 300 µm sieve into a single combined container. Mix to achieve homogeneity. Proceed with residue testing by pouring the homogenized residue into test containers or molds.

3.1.14 9. CALCULATION AND REPORT

9.1 Calculate the percentage of residue on each beaker as follows:

$$\text{residue, \%} = \frac{A - B}{50} \times 100 \quad (1)$$

where:

A = mass of beaker, rod, and residue, g,
and B = tare of beaker and rod, g.

9.2 Report the percentage of residue by evaporation as the average of all the beakers tested provided the maximum difference in the measurements is less than or equal to 0.4 %. If any of the measured values differs by more than 0.4 % from the other measured values, that data point should be rejected in the calculation and the average of the remaining data points should be reported.

3.1.15 10. PRECISION AND BIAS

10.1 The following criteria should be used for judging the acceptability of results (95 % probability):

10.1.1 Duplicate results by the same operator should not be considered suspect unless they differ by more than the following amount:

Residue by Evaporation, %	Repeatability, mass %
50 to 70	0.4

10.1.2 The results submitted by each of two laboratories should not be considered suspect unless they differ by more than the following amount:

Residue by Evaporation, %	Reproducibility, mass %
50 to 70	0.8

10.2 The bias of this test method cannot be determined because no material having an accepted reference value is available.

3.1.16 11. KEYWORDS

11.1 asphalt; asphalt emulsion; cationic emulsified asphalt; emulsified asphalt; evaporation; residue

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>

&RS\ULJKWE\\$670,QW ODOULJKWVUHVHUYHG0RQ0DU87&

'RZQORDGHGSULQWHGE\

8QLYHUVLGDG&HQWURDPHULFDQDSXUVXDQWWR/LFHQVHSJUHHHPQWIRIXUWKHUUHSURGXFWLRQVDXWKRULJHG



Designation: D6933 – 22

Standard Test Method for

5.7 OVERSIZED PARTICLES IN EMULSIFIED ASPHALTS (SIEVE TEST)¹⁸

This standard is issued under the fixed designation D6933; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (°) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1.1.17 1. SCOPE

1.1 This test method covers the degree to which an emulsified asphalt may contain particles of asphalt or other discreet solids retained on a 850-µm mesh sieve.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.5 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization*

established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.

3.1.18 2. REFERENCED DOCUMENTS

2.1 *ASTM Standards:*¹⁹

D3666 Specification for Minimum Requirements for Agencies Testing and Inspecting Road and Paving Materials

D7496 Test Method for Viscosity of Emulsified Asphalt by Saybolt Furol Viscometer

E1 Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers

E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

¹⁸ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee **D04** on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee **D04.42** on Emulsified Asphalt Test.

¹⁹ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

1.1.19 3. SIGNIFICANCE AND USE

3.1 The retention of an excessive amount of particles on the sieve indicates that problems may occur in handling and application of the material. Particles of asphalt retained on the sieve are often caused by agglomeration of the dispersed phase. Storage, pumping, handling, and temperature can all contribute to the formation of particles. Contamination from the tank, transport, or hose are other factors affecting particle formation.

NOTE 1—The quality of the results produced by this standard are dependent on the competence of the personnel performing the procedure and the capability, calibration, and maintenance of the equipment used. Agencies that meet the criteria of Specification D3666 are generally considered capable of competent and objective testing, sampling, inspection, etc. Users of this standard are cautioned that compliance with Specification D3666 alone does not completely ensure reliable results. Reliable results depend on many factors; following the suggestions of Specification D3666 or some similar acceptable guideline provides a means of evaluating and controlling some of those factors.

3.1.20 4. SAMPLE CONDITIONING FOR TESTING

4.1 All emulsified asphalts shall be properly stirred to achieve homogeneity before testing.

4.2 All emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 50 °C shall be heated to 50 ± 3 °C in the original sample container in a water bath or oven. The container should be vented to relieve pressure. After the sample reaches 50 ± 3 °C, stir the sample to achieve homogeneity.

4.3 Emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 25 °C should be mixed or stirred at 25 ± 3 °C in the original sample container to achieve homogeneity.

NOTE 2—Emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 25 °C may be heated and stirred as specified in 4.2, if necessary. In the event the 4.2 method is used, the sample should be cooled to 25 ± 3 °C before testing.

3.1.21 5. APPARATUS AND REAGENTS

5.1 *Sieve*—A sieve having a nominal 76-mm frame conforming to Specification E11, and having a 850-µm wire sieve cloth.

5.2 *Pan*—A tin box cover or shallow metal pan of appropriate size to fit over the bottom of the standard sieve.

5.3 *Thermometric Device*—ASTM 17C for tests at 25 °C and ASTM 19C for tests at 50 °C, conforming to the requirements of Specification E1, or any other thermometric device of equal accuracy.

3.1.22 D6933 – 22

5.4 *Nonionic Surfactant Solution (1 %)*—1 g of nonionic surfactant (ethoxylated nonylphenol is recommended) dissolved in distilled water and diluted to 100 mL.

5.5 *Distilled or Deionized Water.*

5.7.1.2

5.6 *Balances*—Capable of weighing 2000 g to within 61 g, and 500 g to within 60.1 g.

5.7 *Oven*—Capable of maintaining temperature of 110 ± 5 °C.

5.8 *Desiccator.*

1.1.1 6. Hazards

6.1 **Warning**—Mercury has been designated by the United States Environmental Protection Agency (EPA) and many state agencies as a hazardous material that can cause central nervous system, kidney, and liver damage. Mercury, or its vapor, may be hazardous to health and corrosive to materials. Caution should be taken when handling mercury and mercury-containing products. See the applicable product Safety Data Sheet (SDS) or Material Safety Data Sheet (MSDS) for details and the EPA's website (www.epa.gov/mercury/faq.htm) for additional

information. Users should be aware that selling mercury, mercury-containing products, or both, in your state may be prohibited by state law.

7. Procedure

7.1 The temperature at which the sieve test shall be performed is related to the emulsified asphalt's viscosity. For those materials whose viscosity in Saybolt Furol seconds as determined by Test Method D7496 is 100 s or less at 25 °C, perform the test at ambient temperature. For those materials whose viscosity is more than 100 s at 25 °C and those whose viscosity is specified at 50 °C, use a test temperature of 50 ± 3 °C.

7.2 Determine the mass of the sieve and pan to the nearest 0.1 g and record this mass as "A." Wet the wire cloth with nonionic surfactant solution.

7.3 Determine the mass of the sample container containing the emulsified asphalt to 0.1 g. Record this mass as "C." Pour 800 to 1000 g of the emulsified asphalt through the sieve (if the sample container contains 800 to 1000 g of sample, pour the

entire contents). Determine the mass of the sample container previously containing the emulsified asphalt to 0.1 g. Record this mass as "D." Wash the residue on the sieve with distilled water or deionized water until the washings run clear.

7.4 Place the pan under the sieve and heat for 2 h in a 110 ± 5 °C drying oven. Cool in a desiccator. Determine the mass of the sieve, pan, and residue to the nearest 0.1 g. Record this mass as "B."

8. Calculation

8.1 Calculate the percentage of sample retained on the sieve as follows:

Oversized Particles, % $5 \frac{A}{B-A} \times 100$ (1) where:

A = mass of sieve and pan, g,
 B = mass of sieve, pan, and residue,
 C = mass of full sample container, g, and D = mass of empty sample container, g.

9. Report

9.1 Report the percentage by mass of material retained on the sieve (residue).

10. Precision and Bias

10.1 The following criteria should be used for judging the acceptability of results (95 % probability):

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>

NOTE 3—The precision data shown here was determined using 1000-g samples.

10.1.1 Duplicate results by the same operator should not be considered suspect unless they differ by more than the following amount:

Sieve Test, mass %	Repeatability, mass %
0 to 0.1	0.03

10.1.2 The results submitted by each of two laboratories should not be considered suspect unless they differ by more than the following amount:

Sieve Test, mass %	Reproducibility, mass %
0 to 0.1	0.08

10.1.3 Data is based on historical information prior to ASTM ILS, so no report number can be submitted, because it cannot be found.

10.2 The bias of this test method cannot be determined because no material having an accepted reference value is available.

11. Keywords

11.1 asphalt; cationic emulsified asphalt; emulsified asphalt; oversized particles; sieve test



Designation: D6930 – 19

Standard Test Method for

5.8 SETTLEMENT AND STORAGE STABILITY OF EMULSIFIED ASPHALTS²⁰

This standard is issued under the fixed designation D6930; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1.1.23 1. SCOPE

1.1 This test method covers the ability of an emulsified asphalt to remain as a uniform dispersion during storage. It is applicable to emulsified asphalts composed principally of a semisolid or liquid asphaltic base, water, and an emulsifying agent.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.5 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

1.1.24 2. REFERENCED DOCUMENTS

2.1 *ASTM Standards*.²¹

[D3666 Specification for Minimum Requirements for Agencies Testing and Inspecting Road and Paving Materials](#)

[D6934 Test Method for Residue by Evaporation of Emulsified Asphalt](#)

3.1.25 3. SIGNIFICANCE AND USE

3.1 This test method is useful for determining, in a comparatively short time, the storage stability or settlement of an emulsified asphalt. It is a measure of the permanence of the dispersion as related to time, but it is not to be construed to have significance as a measure of other stability aspects involved in use.

NOTE 1—The quality of the results produced by this standard are dependent on the competence of the personnel performing the procedure and the capability, calibration, and maintenance of the equipment used. Agencies that meet the criteria of Specification [D3666](#) are generally considered capable of competent and objective testing, sampling, inspection, etc. Users of this standard are cautioned that compliance with Specification [D3666](#) alone does not completely ensure reliable results. Reliable results depend on many factors; following the suggestions of Specification [D3666](#) or some similar acceptance guideline provides a means of evaluating and controlling some of those factors.

3.1.26 4. SUMMARY OF TEST METHOD

4.1 This test method determines the difference in percent residue of samples taken from the top and bottom of material placed in undisturbed simulated storage for a specified time period. The result is expressed by determining the difference

²⁰ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee [D04](#) on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee [D04.42](#) on Emulsified Asphalt Test.

Current edition approved July 1, 2019. Published August 2019. Originally approved in 2004. Last previous edition approved in 2010 as D6930 – 10. DOI: 10.1520/D6930-19.

²¹ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

between the percent residue of the top and bottom samples for the storage cylinder.

5.1.27 5. SAMPLE CONDITIONING FOR TESTING

5.1 All emulsified asphalts shall be properly stirred to achieve homogeneity before testing.

5.2 All emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 50 °C shall be heated to 50 ± 3 °C in the original sample container in a water bath or oven. The container should

be vented to relieve pressure. After the sample reaches 50 ± 3 °C, stir the sample to achieve homogeneity.

5.3 Emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 25 °C should be mixed or stirred at 25 ± 3 °C in the original sample container to achieve homogeneity.

NOTE 2—Emulsified asphalts with viscosity testing requirements of 25 °C may be heated and stirred as specified in 5.2, if necessary. In the event the 5.2 method is used, the sample should be cooled to 25 ± 3 °C before testing.

3.1.28 D6930 – 19

6.1.1 6. Apparatus

6.1 *Cylinder*—500-mL glass cylinder, with pressed or molded glass base and cork, rubber, or glass stopper, having an outside diameter of 50 ± 5 mm.

NOTE 3—The use of a cylinder containing side arm glass tubes to permit the siphoning of the material rather than pipetting is an acceptable alternative method.

6.2 *Glass Pipet*—A 50-mL siphon glass-tube pipet of optional form.

6.3 *Balance*, capable of weighing 1000 g to 0.1 g.

6.4 *Beakers*—Two 1000-mL glass or metal beakers.

6.5 *Stirring Rods*—Glass or stainless steel with rounded ends.

6.6 *Oven*—Capable of maintaining a temperature of 163 ± 3 °C.

7.1.2 7. Procedure

7.1 Bring the emulsified asphalt to room temperature, 24 ± 5 °C. Mix the sample to achieve homogeneity. Place a 500-mL representative sample in the glass cylinder, avoiding foam formation. Close the cylinder with a stopper and allow it to stand undisturbed at laboratory ambient temperature of 24 ± 5 °C for 24 ± 1 h for storage stability, or five days for settlement test. After standing for this period, remove approximately 55 mL of emulsified asphalt from the top of the cylinder by means of the pipet or siphon without disturbing the remainder of the sample. Thoroughly stir the 55-mL portion.

NOTE 4—If a cylinder with side arms is used, siphoning is not required. Obtain a 55-mL sample from the upper arm, then drain off 390 mL from the lower arm.

7.2 Weigh 50.0 ± 0.1 g of the sample into a previously weighed 1000-mL glass or metal beaker containing a stirring rod.

7.3 After removal of the top portion, siphon off the next 390 mL (approximate) from the cylinder. Thoroughly stir the emulsified asphalt remaining in the cylinder, and weigh 50.0 ± 0.1 g into a previously weighed 1000-mL glass or metal beaker containing a stirring rod.

7.4 Adjust the temperature of the oven to 163 ± 3 °C and place the beakers containing the rod and sample in the oven for 2 h. At the end of this period, remove each beaker and thoroughly stir the residue. Replace the beakers in the oven for 1 h. At the end of this period, remove the beakers from the oven, allow them to cool to ambient temperature, and weigh each beaker individually with respective residue and rod (see Test Method D6934).

NOTE 5—Exercise care to prevent loss of asphalt from the beaker through foaming or splattering, or both. Also, the placing of beakers and emulsified asphalt samples in a cold or warm oven, and bringing the oven and sample up to a temperature of 163 °C together is permissible. If preferred, preliminary evaporation of water may be accomplished by careful heating on a hot plate, followed by oven treatment at 163 °C for 1 h.

8. Calculation & Report

8.1 Calculate the storage stability or settlement for the cylinder as follows:

$$\text{storage stability, \%} \sim 24 \text{ h! } 5B2A \quad (1)$$

$$\text{settlement, \%} \sim 5 \text{ days! } 5B2A$$

where:

A = the percentage of residue from the top sample, and
B = the percentage of residue from the bottom sample.

NOTE 6—If, for the individual cylinder, the percent residue of both the top and bottom samples is less than the percent residue of the emulsified asphalt, the result is considered suspect and the test should be repeated. If, for the individual cylinder, the percent residue of both the top and bottom samples is greater than the percent residue of the emulsified asphalt, the result is considered suspect and the test should be repeated.

8.2 Report the storage stability or settlement as the cylinder result in mass % to the nearest whole number.

1.4 9. Precision and Bias

9.1 The following criteria should be used for judging the acceptability of results (95 % probability).

9.2 *Repeatability*—Duplicate results by the same operator should not be considered suspect unless they differ by more than the following amount:

Storage stability (24 h):

0.5 mass %

Settlement (5 day):

Settlement, mass %

Repeatability

0 to 1.0

0.4 mass %

above 1.0

5 % of the mean

9.3 *Reproducibility*—The results submitted by each of two laboratories should not be considered suspect unless they differ by more than the following amount:

Storage Stability (24 h):

0.6 mass %

Settlement (5 day):

Settlement, mass %

Reproducibility

0 to 1.0

0.8 mass %

above 1.0

10 % of the mean

1.5 10. Keywords

10.1 asphalt; asphalt emulsion; cationic emulsified asphalt; emulsified asphalt; settlement; storage stability

3.1.29 D6930 – 19

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: D6084/D6084M – 21

Standard Test Method for

6 ELASTIC RECOVERY OF ASPHALT MATERIALS BY DUCTILOMETER¹

This standard is issued under the fixed designation D6084/D6084M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method assesses the elastic recovery of an asphalt material measured by the recoverable strain determined after severing an elongated briquet specimen of the material of the form described in 4.1. The specimens are pulled to a specified distance at a specified speed and at a specified temperature. Unless otherwise specified, the test shall be made at a temperature of 25 ± 0.5 °C [77 ± 0.9 °F] and with a speed of 5 cm/min ± 5 %.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system are not necessarily exact equivalents; therefore, to ensure conformance with the standard, each system shall be used independently of the other, and values from the two systems shall not be combined.

1.3 **Warning**—Mercury has been designated by the United States Environmental Protection Agency and many state agencies as a hazardous material that can cause central nervous system, kidney, and liver damage. Mercury, or its vapor, may be hazardous to health and corrosive to materials. Caution should be taken when handling mercury and mercury-containing products. See the applicable Material Safety Data Sheet (MSDS) for details and EPA's website (<http://www.epa.gov/mercury/index.htm>) for additional information. Users should be aware that selling mercury and/or mercury-containing products in your state may be prohibited by state law.

1.4 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road

and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.44 on Rheological Tests.

Current edition approved Nov. 1, 2021. Published November 2021. Originally approved in 1997. Last previous edition approved in 2018 as D6084/D6084M – 18. DOI: 10.1520/D6084_D6084M-21.

1.6 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- D5/D5M Test Method for Penetration of Bituminous Materials
- D113 Test Method for Ductility of Asphalt Materials
- D1754/D1754M Test Method for Effects of Heat and Air on Asphaltic Materials (Thin-Film Oven Test)
- D2872 Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test)
- D3666 Specification for Minimum Requirements for Agencies Testing and Inspecting Road and Paving Materials
- D6934 Test Method for Residue by Evaporation of Emulsified Asphalt
- D6997 Test Method for Distillation of Emulsified Asphalt
- D7403 Test Method for Determination of Residue of Emulsified Asphalt by Low Temperature Vacuum Distillation
- D7497 Practice for Recovering Residue from Emulsified Asphalt Using Low-Temperature Evaporative Technique
- E1 Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers
- E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves
- E77 Test Method for Inspection and Verification of Thermometers
- E644 Test Methods for Testing Industrial Resistance Thermometers
- E1137/E1137M Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers
- E2251 Specification for Liquid-in-Glass ASTM Thermometers with Low-Hazard Precision Liquids

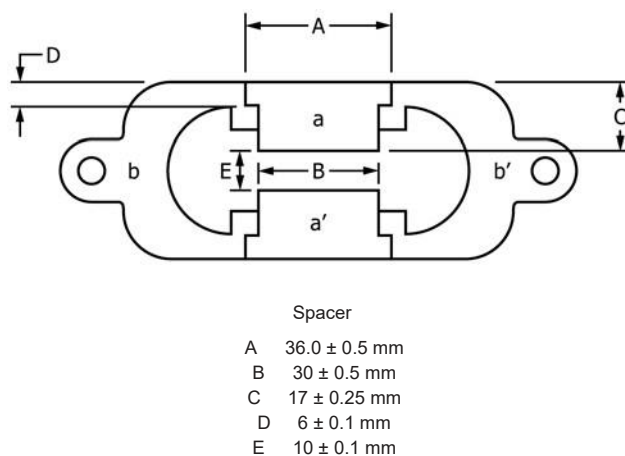


FIG. 1 Mold for Elastic Recovery Test Specimen

6.1 3. SIGNIFICANCE AND USE

3.1 This test method is useful in confirming that a material has been added to the asphalt to provide a significant elastomeric characteristic. It does not necessarily identify the type or amount of material added.

NOTE 1—The quality of results produced by this standard is dependent on the competence of the personnel performing the procedure and the capability, calibration, and maintenance of the equipment used. Agencies that meet the criteria of Specification D3666 are generally considered capable of competent and objective testing, sampling, inspection, etc. Users of this standard are cautioned that compliance with Specification D3666 alone does not completely ensure reliable results. Reliable results depend on many factors; following the suggestions of Specification D3666 or some similar acceptable guidance provides a means of evaluating and controlling some of those factors.

6.2 4. APPARATUS

4.1 *Mold*—The mold²² shall be similar in design to that shown in Fig. 1. The mold shall be made of brass, 10.0 ± 0.1 mm thick, the ends *b* and *b'* being known as clips, and the parts *a* and *a'* as sides of the mold, with a brass base plate that is larger than the assembled mold. The dimensions of the assembled mold shall be as shown in Fig. 1, with the permissible variations indicated. (See Note 2.)

4.2 *Water Bath for Conditioning Specimen*—Maintain the water bath at the specified test temperature, varying not more than 0.5 °C [0.9 °F] from this temperature. The volume of water shall be not less than 10 L, and the specimen immersed to a depth of not less than 2.5 cm.

4.3 *Testing Machine*—For elongating the briquet of asphalt material, any apparatus may be used that is so constructed that the specimen will be continuously immersed in water, while the

two clips are pulled apart at a uniform speed, as specified, without undue vibration. A variation of 65 % is permissible. The water in the tank of the testing machine shall cover the specimen both above and below it by at least 2.5 cm, and shall be maintained within 60.5 °C [0.9 °F] of the test temperature.

The testing machine shall incorporate a means by which the elongation can be measured in centimetres. (See Note 3.)

4.4 *Thermometer*—A thermometer for monitoring the temperature of the water bath. The thermometer shall be one of the following:

4.4.1 A liquid-in-glass thermometer of suitable range with subdivisions and maximum scale error of 0.1 °C [0.2 °F] which conforms to the requirements of Specification E1. The thermometer shall be standardized in accordance with one of the methods in Test Method E77.

4.4.2 A liquid-in-glass thermometer of suitable range with subdivisions and maximum scale error of 0.1 °C [0.2 °F] which conforms to the requirements of Specification E2251. The thermometer shall be standardized in accordance with one of the methods in Test Method E77.

4.4.3 A platinum resistance thermometer (PRT) with a probe which conforms to the requirements of Specification E1137/E1137M. The PRT shall have a three- or four-wire configuration and the overall sheath length shall be at least 50 mm [2 in.] greater than the immersion depth. The PRT system (probe and readout) shall be standardized in accordance with Test Methods E644. Corrections shall be applied to ensure measurements within 0.1 °C [0.2 °F].

4.4.4 A metal-sheathed thermistor with a sensor substantially similar in construction to the PRT probe described in 4.4.3. The thermistor system (sensor and readout) shall be standardized in

²² The sole source of supply of the apparatus known to the committee at this time is Humboldt Manufacturing Company, 7300 W. Agatite Ave., Chicago, IL 60656. If you are aware of alternative suppliers, please provide this information to ASTM

Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee,¹ which you may attend.

accordance with Test Methods E644. Corrections shall be applied to ensure measurements within 0.1 °C [0.2 °F].

4.5 *Scissors*—Any type of conventional scissors capable of cutting the bituminous material at the test temperature.

4.6 *Oven*—An oven capable of maintaining 135 ± 5 °C [275 ± 10 °F].

4.7 *Sieves*—300-µm [No. 50] and 850-µm [No. 20] sieves, 75 mm [3 in.] in diameter, in accordance with Specification

E11.

4.8 *Release Agent*—A mixture such as glycerin with Dextrin, talc, or Kaolin (china clay), or 1 g Versamid Resin per 100 g castor oil (not generic mineral oil), used to coat the bottom and sides of the mold to prevent the specimen from



sticking to the mold. Other materials may be used for this purpose if they have been shown not to affect the physical properties of the test specimen.

4.9 Trimming Tool—A straight-edged putty knife or spatula.

NOTE 2—Clips for the mold are the same as specified in Fig. 1 of Test Method D113.

NOTE 3—The testing machine may be the same as specified in Test Method D113.

NOTE 4—In those cases where the elastic recovery specimens are conditioned in the standard penetration bath at 25 °C [77 °F], the thermometer as prescribed for Test Method D5/D5M may be used.

6.3 5. SAMPLE PREPARATION

5.1 Emulsified Asphalt Residue—If the sample is a residual product recovered from emulsified asphalt by means of the methods described in Test Methods D6934, D6997, D7403, or Practice D7497, stir the heated residue and immediately pour portions of the residue into suitable molds for making the required tests. If it is suspected that there is foreign matter in the residue, pour the material through a 300- μ m [No. 50] sieve that has been preheated at 135 $\pm$ 5 °C [275 $\pm$ 10 °F] prior to pouring into the test molds. (See Note 5.)

5.2 Unaged Sample—If the sample is an asphalt binder, carefully heat the sample in a covered container to prevent local overheating until it has become sufficiently fluid to pour.

Use an oven set at 135 $\pm$ 5 °C [275 $\pm$ 10 °F] for sample heating. If it is suspected that the sample contains foreign matter, strain the melted sample through a 300- μ m [No. 50] sieve that has been preheated at 135 $\pm$ 5 °C [275 $\pm$ 10 °F]. (See Note 6.)

5.3 Aged Sample—If the sample is a conditioned residue obtained from Test Method D1754/D1754M or D2872, combine the residue into a single container, cover, and heat in an oven set at 135 $\pm$ 5 °C [275 $\pm$ 10 °F]. If it is suspected that the sample contains foreign matter, strain the melted sample through a 300- μ m [No. 50] sieve that has been preheated at 135 $\pm$ 5 °C [275 $\pm$ 10 °F]. (See Note 6.)

NOTE 5—In the case of higher viscosity emulsified asphalt residues or residues from lower temperature distillations that will not pass a 300- μ m (No. 50) sieve, an 850- μ m (No. 20) sieve may be used.

NOTE 6—In those cases where the samples are not sufficiently fluid to pour at 135 °C [275 °F], higher temperatures may be used. In the case of higher viscosity materials that will not pass a 300- μ m [No. 50] sieve, an 850- μ m [No. 20] sieve may be used.

6.4 6. PROCEDURE

6.1 Assemble the mold on the brass plate. Thoroughly coat the surface of the plate and the interior surfaces of the sides of the mold, *a* and *a'*, with a thin layer of release agent to prevent the test material from sticking. The plate upon which the mold shall be placed shall be perfectly flat and level so that the bottom surface of the mold will be in contact throughout. After sample preparation as described in Section 5, thoroughly stir the sample and pour into the mold. In filling the mold, take care not to disarrange the pieces of the mold, thus distorting the shape.

In filling, take care to pour and place material in a stream back and forth from end to end until the mold is more than level full. Allow the filled mold to cool to room temperature for 35 $\pm$ 5 min. Then place in the water bath at the test temperature for 30 $\pm$ 5 min. Remove the test specimens from the water bath and immediately trim the excess material with a hot trimming tool to make the molds just level full. (See Note 7.)

6.2 Keeping Specimens at Standard Temperature—Place the trimmed specimen and mold in the water bath at the specified test temperature for 90 $\pm$ 5 min prior to testing. Remove the specimen from the plate by a shearing action between specimen and plate, avoiding any bending of the test specimen. Remove the side pieces *a* and *a'*, being careful not to distort or fracture the specimen. Attach the specimen to the testing machine and immediately test the specimen.

6.3 Testing, Procedure A—Attach the rings at each end of the clips to the pins or hooks in the testing machine and pull the two clips apart at a uniform speed to an elongation of 10 $\pm$ 0.25 cm, unless otherwise specified. Stop the elongation and immediately cut the test specimen into two halves at the midpoint using the scissors. Allow the specimen to remain in the testing machine in an undisturbed condition at the specified temperature for a period of 60 min. After the 60-min time period, carefully move the traveling carriage back to a position where the ends of the specimens just touch. If the specimen ends have sagged, carefully lift them to their original level prior to adjusting the ends to touch. Record the total length of the specimen with the severed ends just touching each other.

6.4 Testing, Procedure B—Attach the rings at each end of the clips to the pins or hooks in the testing machine and pull the two clips apart at a uniform speed to an elongation of 20 $\pm$ 0.25 cm. Stop the elongation and maintain the specimen in this position for 5 min. Then, cut the test specimen into two halves at the midpoint using the scissors. Allow the specimen to remain in the testing machine in an undisturbed condition at the specified temperature for a period of 60 min. After the 60-min time period, carefully move the traveling carriage back to a position where the ends of the specimens just touch. If the specimen ends have sagged, carefully lift them to their original level prior to adjusting the ends to touch. Record the total length of the specimen with the severed ends just touching each other.

6.5 If the asphalt material comes in contact with the surface of the water or the bottom of the bath, the test shall not be considered normal. Adjust the specific gravity of the bath by the addition of either methyl alcohol, ethylene glycol, or sodium chloride so that the asphalt material neither comes to the surface of the water, nor touches the bottom of the bath at any time during the test, and rerun the test. If the sample fractures before reaching the specified elongation, the test shall not be considered normal.

NOTE 7—Mixing of clips and sides from different manufacturers may result in sample dimensions other than specified. Measure the width at the cross section of the assembled mold and compare to Fig. 1.



6.5 7. CALCULATION AND REPORT

7.1 Calculate the percent recovery as follows:

$$\text{Recovery, \% } = \frac{E2X}{E} \quad (1)$$

Lab No. _____

Sample No.	1A	1B	1C	2A	2B	2C	Notes
Date:							
Test Temp.							
Speed (cm/min)							
Elongation (cm)							
Hold Time (min)							
Orig. Elongation (E)							
Elongation after (X)							
% Elastic Recovery							
Avg. % Elastic Recovery							
Additional Info.							
Project:							
Type Mat:							
Handling Conditions							
A.C. - Sieve Size:							
Pour Temp:							
? Reheat:							
Emul. - Dist. Temp:							
Sieve Size							
? Reheat							
Pour Temp.							

FIG. 2 Sample Report Form

where:

E = original elongation of the specimen, cm, and
 X = elongation of the specimen, at the completion of the specified recovery time, with severed ends just touching, cm.

7.1.1 Report to the nearest whole percent the average of three normal tests as the elastic recovery of the sample.

7.2 If a normal test is not obtainable on three tests, report the elastic recovery as being unobtainable under the conditions of the test.

7.3 It is suggested that a form sheet, as shown in Fig. 2, be used to record the specific test conditions and results.

7.3.1 Record the sample thermal history handling information, such as distillation temperature (if applicable), the pouring temperature, and whether or not the sample has been reheated, as shown in Fig. 2.



6.6 8. PRECISION AND BIAS²³

PG76-22 78.51
PG64-34 95.71

8.1 *Procedure A Precision*—Criteria for judging the acceptability of two single measurements (see **Note 8**) obtained by this test method are given as follows:

NOTE 8—Although this test method describes a result as the average of three single measurements, the precision estimates shown as follows are based on the analysis of single measurements. For comparing two test results, the single-operator (1s) and (d2s) estimates would be reduced by

8.3 *Single-Operator Precision for Sets of Three Tests Averaged and Reported as a Test Result:*

8.3.1 The test method calls for reporting the average of three test results. For materials with elastic recovery less than 75 %, the standard deviation has been found to be 1.93 %.⁵ Therefore, the range (difference between highest and lowest) of the three individual measurements used in calculating the average should not exceed 12 %. For materials with recovered elasticity more than 75 %, the standard deviation has been found to be 0.56 %.⁵ Therefore, the range of the three individual measurements used in calculating the average should not exceed 3.5 %.

a factor of 1/√3. The multilaboratory (1s) and (d2s) estimates would not change.

NOTE 9—The figures given in Column 2 are the standard deviations that have been found to be appropriate for the materials and mean values described in Column 1. The figures given in Column 3 are the limits that should not be exceeded by the difference between the results of two test specimens.

Materials	Index	Single- Standard	Acceptable
operator precision:		Deviation ^A	Range of Two Results ^A
1 (unmodified)		0.91	2.6
2 (modified)		0.56	1.6
Multi-laboratory precision:			
1 (unmodified)		2.32	6.5
2 (modified)		1.71	4.8

^A These numbers represent, respectively, the (1s) and (d2s) limits as described in Practice C670.

8.4 *For Averages Based on Three Measurements:*

8.4.1 The single-operator coefficient of variation has been found to be 1.74 %.⁵ Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on the same sample using the same ductilometer should not differ from each other by more than 5.0 % of their average.

8.4.2 The multi-laboratory coefficient of variation has been found to be 2.29 %.⁵ Therefore, results of two different laboratories on identical samples of a material should not differ from each other by more than 6.5 % of their average.⁵

8.5 *Bias*—Since there is no accepted reference material for determining the bias in this test method, no statement on bias is made.

9. KEYWORDS

8.2 *Procedure B Precision*—Criteria for judging the acceptability of two single measurements are based on an interlaboratory study conducted on three polymer-modified PG materials by eleven laboratories. Materials and overall average determinations (based on three measurements) for each material were as follows:

9.1 asphalt; ductility; elastic; recovery

Material	Average Recovered Elasticity, %
PG70-28	58.67

⁵ These numbers represent, respectively, the (1s) and (d2s) limits as described in Practice C670.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; http://www.copyright.com/

²³ This is based on the analysis of data resulting from tests by nine laboratories using Procedure A, each testing three replicate specimens. The conditions for this

research report were as follows: test temperature—25 °C; speed—5 cm/min; elongation—10 cm.



Designation: D3381/D3381M – 18

Standard Specification for

7 VISCOSITY-GRADED ASPHALT BINDER FOR USE IN PAVEMENT CONSTRUCTION¹

This standard is issued under the fixed designation D3381/D3381M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope

1.1 This specification covers asphalt binders graded by viscosity at 60 °C [140 °F] for use in pavement construction. Four sets of limits are offered in this specification. The purchaser shall specify the applicable table of limits. In the event the purchaser does not specify limits, **Table 1** shall apply. For asphalt binders graded by penetration at 25 °C [77 °F], see Specification **D946/D946M**. If needed, volume corrections for asphalt binders should be made according to Practice **D4311/D4311M**.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.3 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

D5/D5M Test Method for Penetration of Bituminous Materials
D36/D36M Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)
D70 Test Method for Density of Semi-Solid Asphalt Binder (Pycnometer Method)

D92 Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester

D95 Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation

D113 Test Method for Ductility of Asphalt Materials

D140/D140M Practice for Sampling Asphalt Materials

D946/D946M Specification for Penetration-Graded Asphalt Binder for Use in Pavement Construction

D1754/D1754M Test Method for Effects of Heat and Air on Asphaltic Materials (Thin-Film Oven Test)

D2042 Test Method for Solubility of Asphalt Materials in Trichloroethylene

D2170/D2170M Test Method for Kinematic Viscosity of Asphalts

D2171/D2171M Test Method for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer

D2872 Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test)

D4311/D4311M Practice for Determining Asphalt Volume Correction to a Base Temperature

D7553 Test Method for Solubility of Asphalt Materials in N-Propyl Bromide

3. Manufacture

3.1 The asphalt binder shall be prepared from crude petroleum by suitable methods.

4. Physical Requirements

4.1 The asphalt binder shall be homogeneous, free from water, and shall not foam when heated to 177 °C [350 °F].

4.2 The asphalt binders shall conform to the requirements given in **Table 1**, **Table 2**, **Table 3**, or **Table 4**, as specified by

the purchaser.

5. Methods of Sampling and Testing

5.1 Sample and test asphalt binders in accordance with the following methods:

5.1.1 *Sampling*—Practice **D140/D140M**.

5.1.2 *Water*—Test Method **D95**.

5.1.3 *Viscosity at 60 °C [140 °F]*—Test Method **D2171/D2171M**.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee **D04** on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee **D04.40** on Asphalt Specifications.

Current edition approved Dec. 15, 2018. Published January 2019. Originally approved in 1975. Last previous edition approved in 2013 as D3381/D3381M – 13. DOI: 10.1520/D3381_D3381M-18.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.
Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States

7.1 D3381/D3381M – 18

TABLE 1 Requirements for Asphalt Binder, Viscosity Graded at 60 °C [140 °F] Based on Original Asphalt

Test	Viscosity Grade					
	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viscosity, 60 °C [140 °F], Pa·s	25 ± 5	50 ± 10	100 ± 20	200 ± 40	300 ± 60	400 ± 80
Viscosity, 135 °C [275 °F], min, mm ² /s	80	110	150	210	250	300
Penetration, 25 °C [77 °F], 100 g, 5 s, min	200	120	70	40	30	20
Flash point, Cleveland open cup, min, °C [°F]	165 [325]	175 [350]	220 [425]	230 [450]	230 [450]	230 [450]
Solubility in trichloroethylene, ^a min, %	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Tests on residue from thin-film oven test:						
Viscosity, 60 °C [140 °F], max, Pa·s	125	250	500	1000	1500	2000
Ductility, 25 °C [77 °F], 5 cm/min, min, cm	100 ^b	100	50	20	15	10

^a Solubility in N-Propyl Bromide can be an alternate method to solubility in TCE. ^b If ductility is less than 100, material will be accepted if ductility at 15 °C [60 °F] is 100 minimum at a pull rate of 5 cm/min.

TABLE 2 Requirements for Asphalt Binder, Viscosity Graded at 60 °C [140 °F] Based on Original Asphalt

NOTE 1—**Table 2** specifies asphalts that are less temperature susceptible than those specified by **Table 1**. Asphalts that meet **Table 2** requirements will also meet **Table 1** requirements of the same grade.

Test	Viscosity Grade					
	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viscosity, 60 °C [140 °F], Pa·s	25 ± 5	50 ± 10	100 ± 20	200 ± 40	300 ± 60	400 ± 80
Viscosity, 135 °C [275 °F], min, mm ² /s	125	175	250	300	350	400
Penetration, 25 °C [77 °F], 100 g, 5 s, min	220	140	80	60	50	40
Flash point, Cleveland open cup, min, °C [°F]	165 [325]	175 [350]	220 [425]	230 [450]	230 [450]	230 [450]
Solubility in trichloroethylene, ^a min, %	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Tests on residue from thin-film oven test:						
Viscosity, 60 °C [140 °F], max, Pa·s	125	250	500	1000	1500	2000
Ductility, ^b 25 °C [77 °F], 5 cm/min, min, cm	100 ^b	100	75	50	40	25

^a Solubility in N-Propyl Bromide can be an alternate method to solubility in TCE. ^b If ductility is less than 100, material will be accepted if ductility at 15 °C [60 °F] is 100 minimum at a pull rate of 5 cm/min.

TABLE 3 Requirements for Asphalt Binder, Viscosity Graded at 60 °C [140 °F] Based on Residue from Rolling Thin-Film Oven Test

Tests on Residue from Rolling Thin-Film Oven	Viscosity Grade
Test: ^a	



	AR-1000	AR-2000	AR-4000	AR-8000	AR-16000
Viscosity, 60 °C [140 °F], Pa·s	100 ± 25	200 ± 50	400 ± 100	800 ± 200	1600 ± 400
Viscosity, 135 °C [275 °F], min, mm ² /s	140	200	275	400	550
Penetration, 25 °C [77 °F], 100 g, 5 s, min	65	40	25	20	20
% of original penetration, 25 °C [77 °F], min	...	40	45	50	52
Ductility, 25 °C [77 °F], 5 cm/min, min, cm	100 ^B	100 ^B	75	75	75
Tests on original asphalt:					
Flash point, Cleveland open cup, min, °C [°F]	205 [400]	220 [425]	225 [440]	230 [450]	240 [460]
Solubility in trichloroethylene, ^C min, %	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0

^A Thin-film oven test may be used, but the rolling thin-film oven test shall be the referee method. ^B If ductility is less than 100, material will be accepted if ductility at 15 °C [60 °F] is 100 minimum at a pull rate of 5 cm/min.

^C Solubility in N-Propyl Bromide can be an alternate method to solubility in TCE.

5.1.4 *Viscosity at 135 °C [275 °F]*—Test Method **D2170/D2170M**.

5.1.5 *Penetration*—Test Method **D5/D5M**.

5.1.6 *Flash Point, Cleveland Open Cup*—Test Method **D92**.

5.1.7 *Solubility in Trichloroethylene*—Test Method **D2042**.

5.1.8 *Thin-Film Oven Test*—Test Method **D1754/D1754M** (see **Tables 1 and 2**).

5.1.9 *Rolling Thin-Film Oven Test*—Test Method **D2872** (see **Tables 3 and 4**).

5.1.10 *Ductility*—Test Method **D113**.

5.1.11 *Softening Point*—Test Method **D36/D36M**.

5.1.12 *Density*—Test Method **D70**.

5.1.13 *Solubility in N-propyl Bromide*—Test Method **D7553**.

6. Keywords

6.1 asphalt binder; bitumen; pavements; viscosity

7.2 D3381/D3381M – 18

TABLE 4 Requirements for Asphalt Binder, Viscosity Graded at 60 °C [140 °F] Based on Original Asphalt

NOTE 1—Table 4 shows the limits typically used in Mexico, Central, and South America

Test	Viscosity Grade				
	AC-6	AC-10	AC-20	AC-30	AC-42
Viscosity, 60 °C [140 °F], P	600 ± 200	1000 ± 200	2000 ± 400	3000 ± 600	4200 ± 600
Viscosity, 135 °C [275 °F], min, cSt	175	250	300	350	400
Flash point, Cleveland open cup, min, °C [°F]	177 [350]	219 [425]	232 [450]	232 [450]	232 [450]
Solubility in trichloroethylene, ^C min, %	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Specific gravity 25 °C/25 °C [77 °F/77 °F]	Report	Report	Report	Report	Report
Penetration index ^B	−1.5 to +1	−1.5 to +1	−1.5 to +1	−1.5 to +1	−1.5 to +1
Tests on residue from rolling thin-film oven test:					
Mass Change, %w/w max	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0
Viscosity, 60 °C [140 °F], max, P	3000	5000	8000	12 000	20 000
Ductility, ^A 25 °C [77 °F], 5 cm/min, min, cm	100	75	50	40	25

^A If ductility is less than 100, material will be accepted if ductility at 15.5 °C [60 °F] is 100 minimum at a pull rate of 5 cm/min.

19522500 log *pen*220SP ^B Penetration Index5
50log *pen*2SP2120

where:

pen = penetration at 25 °C [77 °F], 100g, 5s *SP* = softening point (°C)

^C Solubility in N-Propyl Bromide can be an alternate method to solubility in TCE.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>



Designation: D2042 – 22

Standard Test Method for

7.3 SOLUBILITY OF ASPHALT MATERIALS IN TRICHLOROETHYLENE OR TOLUENE¹

This standard is issued under the fixed designation D2042; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (′) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the degree of solubility in trichloroethylene or toluene of asphalt materials having little or no mineral matter.

NOTE 1—This method is not applicable to tars and their distillation residues or highly cracked petroleum products. For methods covering tars, pitches, and other highly cracked petroleum products, and the use of other solvents, see Test Methods [D4](#), [D2318](#), and [D2764](#).

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precaution statements are given in Section [7](#).

1.5 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

2. Referenced Documents

- [D2318](#) Test Method for Quinoline-Insoluble (QI) Content of Tar and Pitch
- [D2764](#) Test Method for Dimethylformamide-Insoluble (DMF-I) Content of Tar and Pitch
- [D3666](#) Specification for Minimum Requirements for Agencies Testing and Inspecting Road and Paving Materials
- [D4753](#) Guide for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Standard Masses for Use in Soil, Rock, and Construction Materials Testing

2.1 *ASTM Standards*:²⁴

D4 Test Method for Bitumen Content

2.2 *AASHTO Standard*:²⁵

T 44 Solubility of Bituminous Materials in Organic Solvents

3. Summary of Method

3.1 The sample is dissolved in trichloroethylene or toluene solvent and filtered through a glass fiber pad. The insoluble material is washed, dried, and weighed.

4. Significance and Use

4.1 This test method is a measure of the solubility of asphalt in trichloroethylene or toluene solvent. The portion that is soluble in the solvent represents the active cementing constituents.

NOTE 2—The quality of the results produced by this standard are dependent on the competence of the personnel performing the procedure and the capability, calibration, and maintenance of the equipment used. Agencies that meet the criteria of Specification D3666 are generally considered capable of competent and objective testing, sampling, inspection, etc. Users of this standard are cautioned that compliance with Specification D3666 alone does not completely ensure reliable results. Reliable results depend on many factors; following the suggestions of Specification D3666 or some similar acceptable guideline provides a means of evaluating and controlling some of these factors.

5. Apparatus and Materials

5.1 The assembly of a typical filtering apparatus is illustrated in Fig. 1. Details of the component parts are as follows:

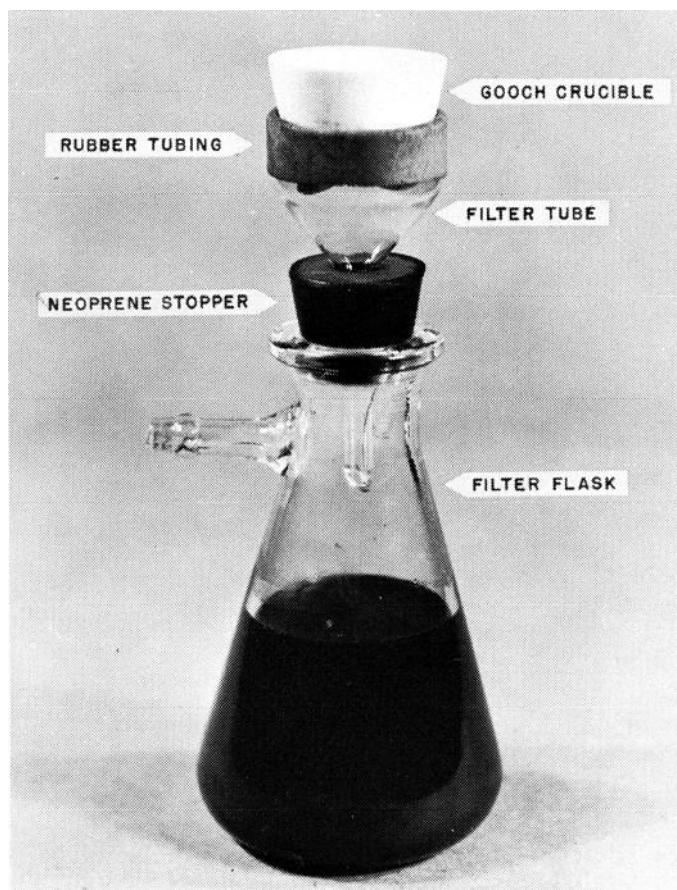
5.1.1 *Asphalt Crucible or Gooch Crucible*, glazed inside and outside with the exception of outside bottom surface. The

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.47 on Miscellaneous Asphalt Tests.

Current edition approved Jan. 1, 2022. Published February 2022. Originally approved in 1966. Last previous edition approved in 2015 as D2042 – 15. DOI: 10.1520/D2042-22.

²⁴ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

²⁵ Available from American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 444 N. Capitol St., NW, Suite 249, Washington, DC 20001, <http://www.transportation.org>.



3.1.30 D2042 – 22

7.3.1.1 FIG. 1 Filtering Apparatus Assembly

approximate dimensions shall be a diameter of 44 mm at the top, tapering to 36 mm at the bottom, and a depth of 207.9.30 mm.

5.1.2 *Glass Microfiber Filter Pad*, 32 to 34 mm diameter, fine porosity, fast flow rate, 1.5 μ m particle retention.

5.1.3 *Filter Flask*, heavy-wall, with side tube, 250, 500, or 1000 mL capacity. 7.3.1.3

5.1.4 *Filter Tube*, 40 to 42 mm inside diameter.

5.1.5 *Rubber Tubing or Adapter*, for holding the crucible on the filter tube.

NOTE 3—Other suitable assemblies permitting vacuum filtration with a crucible may be used.

5.1.6 *Erlenmeyer Flask*, 125 mL.

5.1.7 *Oven*, capable of maintaining a temperature of 110 $\pm$ 5 $^{\circ}$ C.

5.1.8 *Balance*, Class GP2, conforming to the requirements of Guide D4753.

6. Solvent

6.1 *Trichloroethylene*, technical grade.

6.2 *Toluene*, technical grade.

7. Safety Precautions

7.1 Toluene and trichloroethylene are both toxic solvents and should be used within a fume hood. Toluene is flammable. Trichloroethylene is a carcinogen. The safety data sheets for either of these solvents should be reviewed prior to use.



D2042 – 22

TABLE 1 Precision

Material	Average $\bar{x}$	Repeatability	Reproducibility	Repeatability	Reproducibility
		Standard	Standard	Limit	Limit
		Deviation S_r	Deviation S_R	r	R
Trichloroethylene, 96 % or lower solubility	93.93	0.30	0.50	0.85	1.40
Trichloroethylene, 96–99 % solubility	96.82	0.17	0.44	0.47	1.22
Trichloroethylene, 99–100 % solubility	99.92	0.01	0.04	0.03	0.10
Toluene, 96 % or lower solubility	92.95	0.41	1.37	1.14	3.84
Toluene, 96–99 % solubility	97.37	0.06	0.11	0.18	0.30
Toluene, 99–100 % solubility	99.85	0.03	0.08	0.09	0.24

8.1 Assemble the filtering apparatus as shown in Fig. 1. Place filter pad into the Grooch crucible, moisten the pad with solvent, and seat firmly in the bottom of the crucible with light suction. Place the crucible plus one thickness of the filter pad in an oven at 110 6 5 °C for 15 min, allow to cool in a desiccator for 30 6 5 min, and then determine the mass to the nearest 0.1 mg. Designate this mass as *A*. Store in the desiccator until ready for use.

1.5 9. Sample Preparation

9.1 If the sample is not fluid, heat to any convenient temperature, but in any case not more than 100 °C above the softening point. Normally the temperature at which this test is run is not critical, and it may be performed at the laboratory air temperature. For referee tests, however, the flask and sample in solution shall be placed in a water bath maintained at 38.0 6 0.3 °C for 1 h before filtering.

1.6 10. Procedure

10.1 Note safety precautions in Section 7. Transfer approximately 2 g of the sample into a tared 125-mL Erlenmeyer flask or other suitable container. Smaller sample sizes may be necessary if more than 0.5 % insoluble material is expected. Allow the sample to cool to ambient temperature and then determine the mass to the nearest 1 mg. Designate this mass as *B*. Add 100 mL of solvent to the container in small portions with continuous agitation until all lumps disappear and no undissolved sample adheres to the container. Stopper the flask or otherwise cover the container and set aside for at least 15 min (see 9.1).

10.2 Place the previously prepared and weighed crucible in the filtering tube. Wet the filter pad with a small portion of solvent and decant the solution through the filter pad of the crucible with or without light suction as may be necessary. When the insoluble matter is appreciable, retain as much of it as possible in the container until the solution has drained through the mat. Wash the container with a small amount of solvent and, using a stream of solvent from a wash bottle,

if necessary to remove any insoluble matter adhering to the container. Rinse the policeman and container thoroughly. Wash the insoluble matter in the crucible with solvent until the filtrate is substantially colorless, then apply strong suction to remove the remaining solvent. Remove the crucible from the tube, wash the bottom free of any dissolved matter, and place the crucible on top of an oven or on a steam bath until it can be safely dried in an oven (see safety precautions in Section 7). Place the crucible in an oven at 110 6 5 °C for at least 20 min. Cool the crucible in a desiccator for 30 6 5 min and determine its mass to the nearest 0.1 mg. Repeat the drying and weighing until constant mass (60.3 mg) is obtained. Designate this mass as *C*.

NOTE 4—To obtain precise results, the cooling time in the desiccator must be approximately the same (within 65 min) after all heatings. For example, if the mass of the empty crucible is determined after a 30-min cooling period in the desiccator, the mass of the crucible containing the insoluble matter should be determined after a 30 6 5-min cooling period in the desiccator. Either empty crucibles or crucibles containing insoluble matter that have remained in a desiccator overnight should be reheated in an oven for at least 30 min, then allowed to cool for the prescribed period before the mass is determined.

NOTE 5—The trichloroethylene solvent will typically have faster dissolution times than the toluene solvent.

11. Calculation and Report

11.1 Calculate either the total percentage of insoluble matter or the percentage of the sample soluble in the solvent used as follows:

$$\% \text{ Insoluble} = \frac{B - C}{A} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ Soluble} = \frac{B - C}{A} \times 100 \quad (2)$$

where:

A = mass of crucible and filter,

B = mass of sample, and

C = mass of crucible, filter, and insoluble material.

11.2 For percentages of insoluble less than 1.0, report to the nearest 0.01 %. For percentages of insoluble 1.0 or more, report to the nearest 0.1 %.

7.3.1.8 12. Precision²⁶

12.1 The precision statement was determined through statistical examination of 92 test results, from four laboratories, on two different asphalt samples, at three levels. See Table 1.

13. Keywords

13.1 asphalt; Gooch crucible; solubility; toluene; trichloroethylene

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; http://www.copyright.com/

²⁶ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:D04-2000. Contact ASTM Customer Service at service@astm.org.



Standard Test Method for 1

7.4 DUCTILITY OF ASPHALT MATERIALS

This standard is issued under the fixed designation D113/D113M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

¹
ε NOTE—Editorially updated to dual designation in December 2023.

1.1.31 1. SCOPE

1.1 This test method describes the procedure for determining the ductility of an asphalt material measured by the distance to which it will elongate before breaking when two ends of a briquet specimen of the material of the form described in 4.1 are pulled apart at a specified speed and at a specified temperature. Unless otherwise specified, the test shall be made at a temperature of 25 ± 0.5 °C [77 ± 0.9 °F] and with a speed of 5 cm/min ± 5.0 %. At other temperatures the speed should be specified.

1.2 Because of the large number of methods for obtaining test samples, it is impractical to discuss specific products in this test method. Refer to individual product specifications for guidance in obtaining a test sample.

1.3 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.4 The values stated in SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of each other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard. Bath and mold dimensions are given in SI units only, as the equipment is not available in inch-pound units.

1.5 **Warning**—Mercury has been designated by the United States Environmental Protection Agency and many state agencies as a hazardous material that can cause central nervous system, kidney, and liver damage. Mercury or its vapor may be hazardous to health and corrosive to materials. Caution should be taken when handling mercury and mercury-containing products. See the applicable product Safety Data Sheet (SDS) for details and the EPA's website (<http://www.epa.gov/>

[mercury/faq.htm](#)) for additional information. Users should be aware that selling mercury or mercury-containing products, or both, in your state may be prohibited by state law.

1.6 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.7 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

3.1.32 2. REFERENCED DOCUMENTS

2.1 ASTM Standards:²⁷

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

D5/D5M Test Method for Penetration of Bituminous Materials

D402/D402M Test Method for Distillation of Cutback Asphalt (Withdrawn 2023)³

D1754/D1754M Test Method for Effects of Heat and Air on Asphaltic Materials (Thin-Film Oven Test)

D2872 Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt Binder (Rolling Thin-Film Oven Test)

D3666 Specification for Minimum Requirements for Agencies Testing and Inspecting Road and Paving Materials

D6934 Test Method for Residue by Evaporation of Emulsified Asphalt

²⁷ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.³

The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.



D6997 Test Method for Distillation of Emulsified Asphalt
 D7403 Test Method for Determination of Residue of
 Emulsified Asphalt by Low Temperature Vacuum
 Distillation

not more than 0.5 °C [0.9 °F] from this temperature. The specimen shall be immersed to a depth of not less than 2.5 cm.

1

This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.44 on Rheological Tests.

Current edition approved Dec. 1, 2023. Published December 2023. Originally approved in 1921. Last previous edition approved in 2017 as D113 – 17. DOI: 10.1520/D0113_D0113M-17R23E01.

D7497 Practice for Recovering Residue from Emulsified Asphalt Using Low-Temperature Evaporative Technique E1
 Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers
 E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves
 E77 Test Method for Inspection and Verification of Thermometers
 E220 Test Method for Calibration of Thermocouples By Comparison Techniques
 E644 Test Methods for Testing Industrial Resistance Thermometers
 E1137/E1137M Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers
 E2251 Specification for Liquid-in-Glass ASTM Thermometers with Low-Hazard Precision Liquids

1.33 3. SIGNIFICANCE AND USE

3.1 This test method provides one measure of tensile properties of asphalt materials and may be used to measure ductility for specification requirements.

NOTE 1—The quality of the results produced by this standard are dependent on the competence of the personnel performing the procedure and the capability, calibration, and maintenance of the equipment used.

Agencies that meet the criteria of Specification D3666 are generally considered capable of competent and objective testing, sampling, inspection, etc. Users of this standard are cautioned that compliance with Specification D3666 alone does not completely ensure reliable results. Reliable results depend on many factors; following the suggestions of Specification D3666 or some similar acceptable guideline provides a means of evaluating and controlling some of those factors.

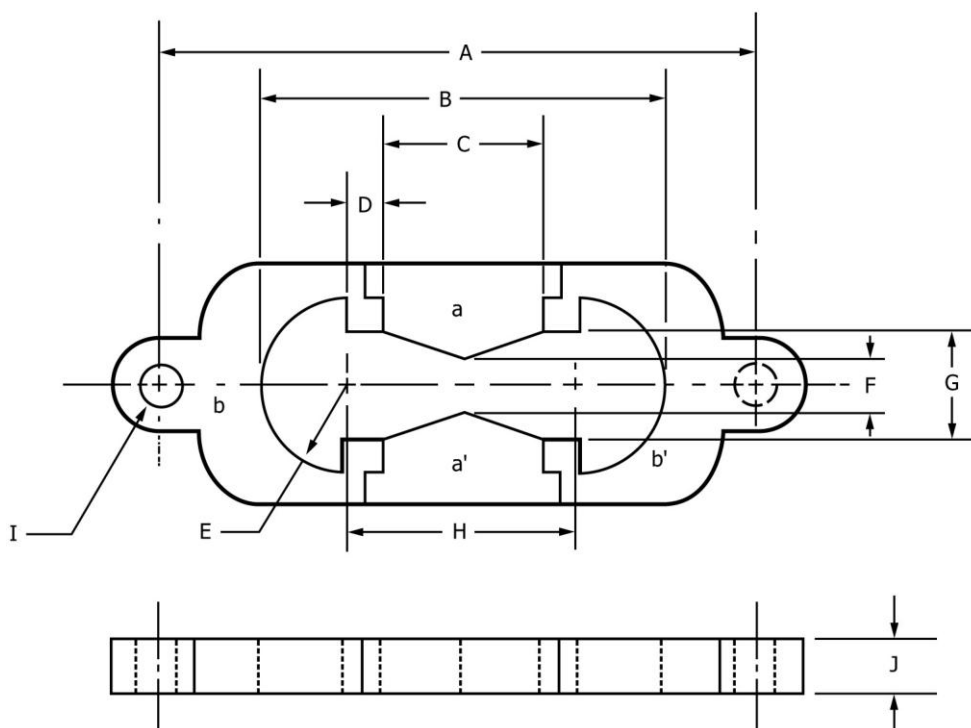
1.34 4. APPARATUS

4.1 *Mold*—The mold shall be similar in design to that shown in Fig. 1. The mold shall be made of brass, 10.0 ± 0.1 mm thick, the ends *b* and *b'* being known as clips, and the parts *a* and *a'* as sides of the mold, with a brass base plate that is larger than the assembled mold. The dimensions of the assembled mold shall be as shown in Fig. 1 with the permissible variations indicated.

4.2 *Water Bath for Conditioning Specimens*—A water bath capable of maintaining the specified test temperature, varying



4.3 *Testing Machine*—For pulling the briquet of asphalt material apart, any apparatus may be used which is so constructed that the specimen will be continuously immersed



- A – Distance between centers, 111.5 to 113.5 mm.
- B – Total length of briquet, 74.5 to 75.5 mm.
- C – Distance between clips, 29.7 to 30.3 mm.
- D – Shoulder, 6.8 to 7.2 mm.
- E – Radius, 15.75 to 16.25 mm.
- F – Width at minimum cross section, 9.9 to 10.1 mm.
- G – Width at mouth of clip, 19.8 to 20.2 mm.
- H – Distance between centers of radii, 42.9 to 43.1 mm.
- I – Hole diameter, 6.5 to 6.7 mm.
- J – Thickness, 9.9 to 10.1 mm.

FIG. 1 Mold for Ductility Test Specimen



in water, while the two clips are pulled apart at a uniform speed, as specified, without undue vibration. A 65 % variation of test speed is permissible. The water in the tank of the testing machine shall cover the specimen both above and below it by at least 2.5 cm and shall be maintained within 60.5 °C [60.9 °F] of the test temperature. The testing machine shall incorporate a means by which the elongation at the time of rupture can be measured in centimeters.

4.4 Thermometer—A calibrated liquid-in-glass thermometer of suitable range with subdivisions and maximum scale error of 0.1 °C [0.2 °F] or any thermometric device of equal accuracy, precision, and sensitivity shall be used. Thermometers shall conform to the requirements of Specification E1 or E2251. Other thermometric devices shall conform to the requirements of Specification E1137/E1137M. The thermometer used for the water bath shall be calibrated periodically in accordance with Test Method E77. An alternate thermometric device shall be calibrated periodically in accordance with Specification E1137/E1137M and Test Method E220 or E644.

4.5 Release Agent—A mixture such as glycerin with Dextrin, talc, or Kaolin (china clay), used to coat the bottom and sides of mold to prevent the specimen from sticking to the mold. Other materials may be used for this purpose if they have been shown not to affect the physical properties of the test specimen.

4.6 Oven—An oven capable of maintaining within 65 °C [610 °F] of the temperature required to heat the sample so it is just fluid enough to pour.

4.7 Trimming Tool—A straight-edged putty knife or spatula wider than the specimen for trimming.

4.8 Specific Gravity Additive—A substance such as methyl alcohol, sodium chloride, or ethylene glycol used to adjust the specific gravity of the water bath to prevent specimen from coming to the surface of the water or touching the bottom of the bath. Other additives may be used if they have been shown not to affect the physical properties of the specimen.

4.9 Sieves—300 µm (No. 50) sieve, 3 in. in diameter, in accordance with Specification E11.

NOTE 2—In those cases where the ductility specimens are conditioned in the standard penetration bath at 25 °C [77 °F], the thermometer or equivalent thermometric device as prescribed for Test Method D5/D5M may be used.

1.35 5. SAMPLE PREPARATION

5.1 Emulsified Asphalt Residue—If the sample is a residual product recovered from emulsified asphalt by means of Test Methods D6934, D6997, D7403, or Practice D7497, stir the contents and immediately pour portions of the residue into suitable molds for making the required tests. Residue obtained from lower-temperature emulsion recovery procedures shall be brought to a temperature of at least 135 °C prior to pouring. If an emulsified asphalt residue does not meet the ductility requirements, this may be indicative of the presence of foreign

matter. If it is suspected that there is foreign matter in the residue, the residue may be strained through a 300 µm (No. 50) sieve that has been preheated at 135 ± 5 °C [275 ± 10 °F] prior to pouring into the test molds.

5.2 Unaged Sample—If the sample is an asphalt binder, carefully heat the sample in a covered container to prevent local overheating until it has become sufficiently fluid to pour.

Use an oven set at 135 ± 5 °C [275 ± 10 °F] for sample heating.

5.3 Aged Sample—If the sample is a conditioned residue obtained from Test Method D1754/D1754M or D2872, combine the residue into a single container, cover, and heat in an oven set at 135 ± 5 °C [275 ± 10 °F]. (See Note 3.)

5.4 Cut-Back Asphalt Residue—If the sample is a residual product recovered from cut-back distillation by means of Test Method D402/D402M, stir the heated residue and immediately pour portions of the residue into suitable molds for making the required tests.

NOTE 3—In those cases where the samples are not sufficiently fluid to pour at 135 ± 5 °C [275 ± 10 °F], higher temperatures may be used.

3.1.36 6. PROCEDURE

6.1 Assemble three molds on a brass plate. Thoroughly coat the surface of the plate and interior surfaces of the sides *a* and *a'*, Fig. 1, of the mold with a thin layer of release agent to prevent the test material from sticking. The plate upon which the mold is placed shall be flat and level so that the bottom surface of the mold will be in contact throughout. After sample preparation as described in Section 5, thoroughly stir the sample and pour into the mold. In filling the mold, take care not to disarrange the pieces of the mold, thus distorting the specimen shape. Pour the material in a thin stream back and forth from end to end of the mold until the mold is more than level full. Allow the filled mold to cool to room temperature for 35 ± 5 min. Then place it in the water bath at test temperature for 35 ± 5 min. Remove the test specimens from the water bath, lightly dry top of mold with paper towel or cotton rag, then immediately trim the excess material with a hot trimming tool to make the molds just level full. (See Note 4.)

6.2 Keeping Specimen at Standard Temperature—Place the trimmed specimen and mold in the water bath at the specified temperature for 90 ± 5 min prior to testing. Remove the specimen from the plate by a shearing action between specimen and plate, avoiding any bending of the specimen.

6.3 Testing—Attach the rings at each end of the clips to the pins or hooks in the testing machine and ensure that side pieces *a* and *a'* have been removed. Pull the two clips apart at a uniform speed as specified until the specimen ruptures or reaches the length limitations of the testing machine. Measure the distance in centimetres through which the clips have been pulled to produce rupture or final length.

6.3.1 A normal test is one in which the material ruptures near the center of the specimen or reaches the length limitations of



the testing machine. A rupture occurring at either clip shall not be considered normal.

6.3.2 If the sample comes in contact with the surface of the water or the bottom of the bath, the test shall not be considered normal. Adjust the specific gravity of the bath by using a specific gravity additive as described in 4.8 so that the test specimen neither comes to the surface of the water, nor touches the bottom of the bath at any time during the test. (See **Notes 3.1, 3.8**

NOTE 4—A critical dimension of the ductility mold is the width at the cross section of the mold. Measure and record the cross section distance and compare to the specifications listed in **Fig. 1**. In addition, best practice recommends etching a uniform identification of letters or numbers on the mold set clips and side pieces so that the mold pieces are used as a set.

NOTE 5—Some additives used to adjust the specific gravity of the water bath are toxic and can cause corrosion of the testing machine. If specific gravity adjustments have been made, it is recommended to wear gloves when placing hands in the bath fluid. Frequent bath fluid changes are recommended to prevent damage to the testing machine.

1.37 7. REPORT

7.1 Report the average of three normal tests as the ductility of the sample. If a normal test is not obtainable, report the ductility as being unobtainable under the conditions of the test. If rupture does not occur due to length limitations of the testing machine, report ductility as the length limitation in cm+ (for example, 150 cm+). If this testing is performed on less than three replicates of the same sample due to insufficient material, include the number of replicates used in the test report.

7.2 In the event of a discrepancy, the referee method shall be to perform the test using three replicates. If the discrepancy involves a distillation residue, pour the material through a 300 μm (No. 50) sieve that has been preheated at 135 $\pm$ 5 $^{\circ}\text{C}$ [275 $\pm$ 10 $^{\circ}\text{F}$] prior to pouring into test molds. Report the average of three normal tests as the ductility of the sample.

8. PRECISION AND BIAS

8.1 Criteria for judging the acceptability of ductility test results at 25 $^{\circ}\text{C}$ [77 $^{\circ}\text{F}$] obtained by this test method are shown in **Fig. 2**. (See **Notes 6-8**.)

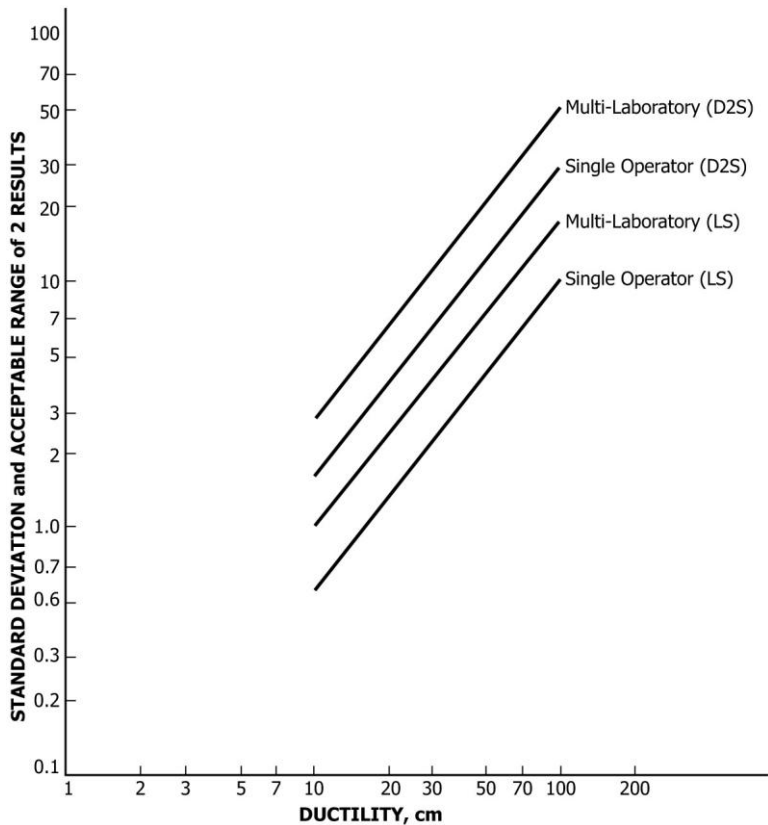
NOTE 6—The precision statement for ductility as presented in **Fig. 2** is based on tests performed on asphalt binders. The precision of tests on residues, such as those obtained by Test Methods **D1754/D1754M** and **D2872**, have not been established.

NOTE 7—The numbers plotted in **Fig. 2** represent the (1S) and (D2S) limits for single-operator precision and multi-laboratory precision as described in Practice **C670**.

NOTE 8—Insufficient data are available to properly define precision at 15.6 $^{\circ}\text{C}$ [60 $^{\circ}\text{F}$]. However, analysis of data resulting from tests by 13 laboratories on one asphalt for which the average ductility test result was 45 cm shows a multi-laboratory precision (D2S) of 23 cm.

9. KEYWORDS

9.1 ductility; ductility mold; ductilometer





7.4.1.1 FIG. 2 Precision Data

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>



Designation: D70/D70M – 21

Standard Test Method for

3.1.40 SPECIFIC GRAVITY AND DENSITY OF SEMI-SOLID ASPHALT BINDER (PYCNOMETER METHOD)¹

This standard is issued under the fixed designation D70/D70M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers the determination of the specific gravity (relative density) and density of semi-solid asphalt binder by use of a pycnometer.

NOTE 1—An alternate method for determining the specific gravity or density of asphalt binder is Test Method [D3289](#). An alternate method for determining density of asphalt binder is Test Method [D8188](#). For materials which are too fluid for use of this test method, use Test Method [D3142/D3142M](#).

NOTE 2—This test method may also be used for the determination of the specific gravity (relative density) and density of soft tar pitches.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.3 **Warning**—Mercury has been designated by the United States Environmental Protection Agency (EPA) and many state agencies as a hazardous material that can cause central nervous system, kidney, and liver damage. Mercury, or its vapor, may be hazardous to health and corrosive to materials. Caution should be taken when handling mercury and mercury-containing products. See the applicable product Material Safety Data Sheet (MSDS) or Safety Data Sheet (SDS) for details and the EPA's website (www.epa.gov/mercury/faq.htm) for additional information. Users should be aware that selling mercury, mercury-containing products, or both, in your state may be prohibited by state law.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.6 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards*:²

[C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials](#)

[D140/D140M Practice for Sampling Asphalt Materials](#)

[D3142/D3142M Test Method for Specific Gravity, API Gravity, or Density of Cutback Asphalts by Hydrometer Method](#)

[D3289 Test Method for Density of Semi-Solid and Solid Asphalt Materials \(Nickel Crucible Method\)](#)

[D3666 Specification for Minimum Requirements for Agencies Testing and Inspecting Road and Paving Materials](#)

[D4311/D4311M Practice for Determining Asphalt Volume Correction to a Base Temperature](#)

[D8188 Test Method for Determination of Density and Relative Density of Asphalt, Semi-Solid Bituminous Materials, and Soft-Tar Pitch by Use of a Digital Density Meter \(U-Tube\)](#)

[E1 Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers](#)



1.4 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

E77 Test Method for Inspection and Verification of Thermometers
E563 Practice for Preparation and Use of an Ice-Point Bath as a Reference Temperature
E644 Test Methods for Testing Industrial Resistance Ther-

mometers

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.47 on Miscellaneous Asphalt Tests.

Current edition approved Jan. 1, 2021. Published February 2021. Originally approved in 1920. Last previous edition approved in 2018 as D70 – 18a. DOI: 10.1520/D0070_D0070M-21.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

***A Summary of Changes section appears at the end of this standard**

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States

E879 Specification for Thermistor Sensors for General Purpose and Laboratory Temperature Measurements
E1137/E1137M Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers

2.2 Other:

CRC Handbook of Chemistry and Physics

3. Terminology

3.1 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.1.1 *density, n*—the mass per unit volume of a material.

3.1.2 *specific gravity, n*—the ratio of the mass of a given volume of a material to the mass of the same volume of water at the same temperature (see Note 3).



NOTE 3—Specific gravity is also described as relative density.

1.3 4. Summary of Test Method

4.1 The sample is placed in a standardized pycnometer. The pycnometer and sample are weighed, then the remaining volume is filled with water. The filled pycnometer is brought to the test temperature and weighed. The specific gravity or density of the sample is calculated from its mass and the mass of water displaced by the sample in the filled pycnometer.

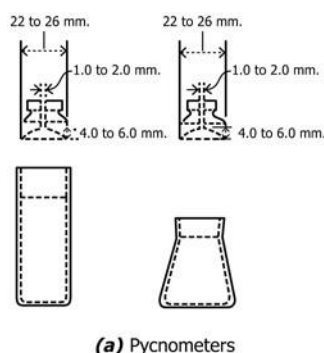
1.4 5. Significance and Use

5.1 Values of density are used for converting volumes to units of mass, and for correcting measured volumes from the temperature of measurement to a standard temperature using Practice D4311/D4311M.

5.2 The quality of the results produced by this standard are dependent on the competence of the personnel performing the procedure and the capability, calibration, and maintenance of the equipment used. Agencies that meet the criteria of Specification D3666 are generally considered capable of competent and objective testing, sampling, inspection, etc. Users of this standard are cautioned that compliance with Specification D3666 alone does not completely ensure reliable results. Reliable results depend on many factors; following the suggestions of Specification D3666 or some similar acceptable guideline provides a means of evaluation and controlling some of these factors.

1.5 6. Apparatus

6.1 Pycnometer, glass, consisting of a cylindrical or conical



shall be 4.0 to 18.0 mm [0.16 to 0.71 in.] at the center. The stoppered pycnometer shall have a capacity of 24 to 30 mL [0.8 to 1.0 fl oz] and shall weigh not more than 40 g [1.4 oz]. Suitable pycnometers are illustrated in Fig. 1.

6.2 Water Bath, constant-temperature, capable of maintaining the temperature within 0.1 °C [0.2 °F] of the test temperature. The water bath shall be equipped with a thermometer as described in 6.3.

6.3 Thermometer—The thermometer shall be one of the following:

6.3.1 A liquid-in-glass partial immersion thermometer of suitable range with subdivisions and maximum scale error of 0.1 °C [0.2 °F] which conforms to the requirements of Specification E1. Calibrate the thermometer in accordance with one of the methods in Test Method E77 or verify its original calibration at the ice point (Notes 4 and 5). A thermometer commonly used is an ASTM 63C.

NOTE 4—Practice E563 provides instructions on the preparation and use of an ice-point bath as a reference temperature.

NOTE 5—If the thermometer does not read 0.0 ± 0.1 °C [32.0 ± 0.2 °F] at the ice point, then the thermometer should be recalibrated.

6.3.2 A platinum resistance thermometer (PRT) with sensor which conforms to the requirements of Specification E1137/E1137M. The thermometer shall be calibrated annually as a single unit and have a three- or four-wire connection configuration. The sensing element shall be immersed to the depth specified by the manufacturer. Calibrate the PRT system (sensor and readout) in accordance with Test Methods E644 or verify its original calibration at the ice point (Notes 4 and 5). Corrections shall be applied to ensure accurate measurements

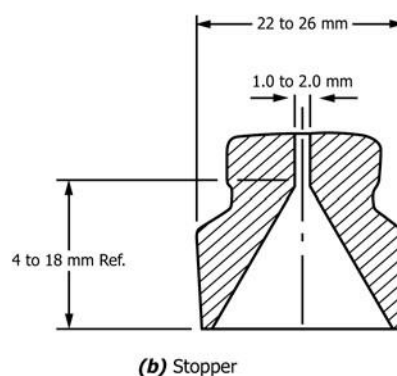


FIG. 1 Suitable Pycnometers and Stopper

vessel carefully ground to receive an accurately fitting glass stopper 22 to 26 mm [0.9 to 1.0 in.] in diameter. The stopper shall be provided with a hole 1.0 to 2.0 mm [0.04 to 0.08 in.] in diameter, centrally located in reference to the vertical axis. The top surface of the stopper shall be substantially plane and have no chips, and the lower surface shall be concave to allow all air to escape through the bore. The height of the concave section

within 0.1 °C [0.2 °F].

6.3.3 A thermistor thermometer with sensor which conforms to the requirements of Specification E879, calibrated annually as a single unit. The sensing element of the thermistor shall be completely immersed. Calibrate the thermistor thermometer system (sensor and readout) in accordance with Test Methods E644 or verify its original calibration at the ice point (Notes 4



and 5). Corrections shall be applied to ensure accurate measurements within 0.1 °C [0.2 °F].

6.4 *Balance*, capable of making the required measurements to an accuracy of at least 0.001 g [0.00001 oz].

6.5 *Beaker*, 600 mL [20 fluid oz] or larger Griffin low-form beaker.

6.6 *Tongs or Clean Nitrile (or Similar) Gloves*, for placing and removing the pycnometer from the beaker.

7. Materials

7.1 *Water*—Boiled and cooled distilled or deionized water, free of visual contaminants. Water greater than three days post boiling and cooling shall not be used (Note 7).

NOTE 6—Water should be discarded or re-boiled if bubbles are seen in the pycnometer during testing.

NOTE 7—As an alternative to using heat, a vacuum source to pull a negative pressure until the water boils without heat may be used. In this case, the water does not have to be cooled before use.

8. Sampling

8.1 Take samples in accordance with Practice D140/D140M. The sample shall be free of foreign substances.

8.2 Thoroughly mix the sample before removing a representative portion for testing.

9. Preparation of Apparatus

9.1 Partially fill a 600-mL [20 fluid oz] or larger Griffin low-form beaker with freshly boiled and cooled distilled or deionized water to a level that will allow the top of the pycnometer to be immersed to a depth of not less than 40 mm [1.6 in.].

9.2 Partially immerse the beaker in the water bath to a depth sufficient to allow the bottom of the beaker to be immersed to a depth of not less than 100 mm [3.9 in.] while the top of the beaker is above the water level of the bath. Utilize some method to ensure that the beaker does not tip over, while making sure that circulation of the water in the conditioning bath around the beaker is not restricted.

9.3 Maintain the temperature of the water bath within 0.1 °C [0.2 °F] of the test temperature as determined by the thermometer described in 6.3.

10. Standardization of Pycnometer

10.1 Perform each of the following steps for each test temperature at which the pycnometer will be used, handling the pycnometer only with tongs or gloves as described in 6.6:

10.1.1 Thoroughly clean, dry, and weigh the pycnometer to the nearest 0.001 g [0.00001 oz]. Designate this mass as *A*.

10.1.2 Remove the beaker from the water bath, if necessary. Fill the pycnometer with freshly boiled distilled or deionized

water, placing the stopper gently in the pycnometer. Place the pycnometer in the beaker and press the stopper in place. Do not allow any air bubbles to remain in the pycnometer. Return the beaker to the water bath if previously removed.

10.1.3 Allow the pycnometer to remain in the water for a period of not less than 30 min at the test temperature. The test temperature shall be determined by the thermometer described in 6.3 during this time period. Remove the pycnometer and immediately dry the top of the stopper with one stroke of a dry towel (Note 8), then quickly dry the remaining outside area of the pycnometer and weigh to the nearest 0.001 g [0.00001 oz]. Designate the mass of the pycnometer plus water as *B*.

NOTE 8—Do not re-dry the top of the stopper even if a small droplet of water forms as a result of expansion. If the top is dried at the instant of removing the pycnometer from the water, the proper mass of the contents at the test temperature will be recorded. If moisture condenses on the pycnometer during weighing, quickly re-dry the outside of the pycnometer (excluding the top) before recording the mass.

11. Procedure

11.1 Perform each of the following steps, handling the pycnometer only with tongs or gloves as described in 6.6:

11.1.1 *Preparation of Sample*—Heat the sample with care, stirring to prevent local overheating, until the sample has become sufficiently fluid to pour. In no case should the temperature be raised to more than 55 °C [131 °F] above the expected softening point for tar, or to more than 110 °C [230 °F] above the expected softening point for asphalt. Do not heat for more than 60 min over a flame or hot plate or more than 120 min in an oven, and avoid incorporating air bubbles into the sample.

11.1.2 Pour enough sample into the clean, dry, warmed pycnometer to fill it about three fourths of its capacity. Take precautions to keep the material from touching the sides of the pycnometer above the final level and prevent the inclusion of air bubbles (Note 9). Allow the pycnometer and its contents to cool to ambient temperature for a period of not less than 40 min and weigh with the stopper to the nearest 0.001 g [0.00001 oz]. Designate the mass of the pycnometer plus sample as *C*. The pycnometer shall be handled with only tongs or gloves during this entire process.

NOTE 9—If any air bubbles are inadvertently entrained, remove by brushing the surface of the asphalt in the pycnometer with a high “soft” flame of a bunsen burner or torch. To avoid overheating, do not allow the flame to remain in contact with the asphalt more than a few seconds at any one time.

11.1.3 Remove the beaker from the water bath, if necessary. Fill the pycnometer with freshly boiled distilled or deionized water, placing the stopper gently in the pycnometer. Place the pycnometer in the beaker and press the stopper in place. Do not allow any air bubbles to remain in the pycnometer. Return the beaker to the water bath if previously removed.



11.1.4 Allow the pycnometer to remain in the water for a period of not less than 30 min at the test temperature. The test temperature shall be determined by the thermometer described in 6.3 during this time period. Remove the pycnometer and immediately dry the top of the stopper with one stroke of a dry towel (Note 8), then quickly dry the remaining outside area of

13. Report

13.1 Report specific gravity to the nearest 0.001 and density to the nearest 1 kg/m³ (0.001 kg/L) [0.05 lb/ft³ (0.001 lb/gal)] and the test temperature.

14. Precision and Bias

TABLE 1 Precision of Specific Gravity Data for Semi-Solid Bituminous Materials

	Temperature °C [°F]	Single-Operator			Multilaboratory		
		Degrees of Freedom	(1S)	(D2S)	Degrees of Freedom	(1S)	(D2S)
Asphalt	15.6 [60.1]	54	0.0011	0.0032	24	0.0018	0.0051
	25.0 [77]	54	0.00080	0.0023	24	0.0024	0.0068
Soft tar pitch	15.6 [60.1]	72	0.0013	0.0038	27	0.0029	0.0083
	25.0 [77]	72	0.00083	0.0023	27	0.0017	0.0048
Pooled values	15.6 [60.1]	114	0.0013	0.0037	51	0.0024	0.0068
	25.0 [77]	114	0.00082	0.0023	51	0.0019	0.0053

the pycnometer and weigh to the nearest 0.001 g [0.00001 oz]. Designate this mass of pycnometer plus sample plus water as *D*.

12. Calculation

12.1 Calculate the specific gravity (relative density) to the nearest 0.001 as follows:

$$\text{relative density} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} \quad (1) \text{ where:}$$

A = mass of pycnometer (plus stopper),

B = mass of pycnometer filled with water,

C = mass of pycnometer (plus stopper) partially filled with asphalt, and

D = mass of pycnometer plus asphalt plus water.

12.2 Calculate density to the nearest 0.001 as follows:

$$\text{Density} = \frac{\text{relative density}}{W_T} \quad (2)$$

where:

W_T = density of water at the test temperature (Note 10).

NOTE 10—Density of water from CRC Handbook of Chemistry and Physics:

Temperature °C [°F]	Density of Water kg/m ³ (kg/L)	[Density of Water lb/ft ³ (lb/gal)]
15.6 [60.1]	999.0 (0.9990)	[62.37 (8.337)]
25.0 [77]	997.0 (0.9970)	[62.24 (8.321)]

14.1 *Single-Operator Precision*—The single-operator pooled standard deviation for the specific gravity (relative density) of semi-solid bituminous materials has been found to be 0.0013 at 15.6 °C and 0.00082 at 25.0 °C (see Table 1). Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on the same material should not differ by more than the following values (see Note 11):

Test Temperature, °C [°F]	Density, kg/m ³ (kg/L)
15.6 [60.1] (0.0023)	3.7 (0.0037)
25.0 [77]	2.3

14.2 *Multilaboratory Precision*—The multilaboratory pooled standard deviation for the specific gravity (relative density) of semi-solid bituminous materials has been found to be 0.0024 at 15.6 °C and 0.0019 at 25.0 °C (see Table 1). Therefore, results of two properly conducted tests by two laboratories on samples of the same material should not differ by more than the following values (see Note 11):

Test Temperature, °C [°F]	Density, kg/m ³ (kg/L)
15.6 [60.1] (0.0054)	6.8 (0.0068)
25.0 [77]	5.4

NOTE 11—These number represent, respectively, the (1S) and (D2S) limits as described in Practice C670.

14.3 *Bias*—No information can be presented on the bias of the procedure in this test method for measuring specific gravity or density because no material having an accepted reference value is available.

15. Keywords

15.1 density; pycnometer; relative density; specific gravity

SUMMARY OF CHANGES



Committee D04 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D70 – 18a) that may impact the use of this standard. (Approved Jan. 1, 2021.)

- (1) Updated usage of “specific gravity” and “relative density” (2) Added Test Method **D8188** to Referenced Documents. throughout. (3) Revised Sections **10** and **11**.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>



Designation: D5/D5M – 20

Standard Test Method for

3.1.41 PENETRATION OF BITUMINOUS MATERIALS²⁸

This standard is issued under the fixed designation D5/D5M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (°) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1.15 1. Scope

1.1 This test method covers determination of the penetration of semi-solid and solid bituminous materials.

1.2 The needles, containers, and other conditions described in this test method provide for the determinations of penetrations up to 500.

NOTE 1—See the section on Penetration of Test Methods D244 for information and precision and bias on testing emulsion residue.

1.3 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.4 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes

(excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety, health, and environmental practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.6 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²⁹

D8 Terminology Relating to Materials for Roads and Pavements

²⁸ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.44 on Rheological Tests.

Current edition approved May 1, 2020. Published May 2020. Originally approved in 1959. Last previous edition approved in 2019 as D5/D5M – 19a. DOI: 10.1520/D0005_D0005M-20.

²⁹ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.



D36/D36M Test Method for Softening Point of Bitumen
(Ring-and-Ball Apparatus)

D244 Test Methods and Practices for Emulsified Asphalts

D3666 Specification for Minimum Requirements for
Agencies Testing and Inspecting Road and Paving
Materials

D8055 Guide for Selecting an Appropriate Electronic
Thermometer for Replacing Mercury Thermometers in
D04 Road and Paving Standards

E1 Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers

E77 Test Method for Inspection and Verification of
Thermometers

E563 Practice for Preparation and Use of an Ice-Point Bath
as a Reference Temperature

E644 Test Methods for Testing Industrial Resistance
Thermometers

2.2 ANSI Standard:³⁰

B46.1 Surface Texture

2.3 ISO Standard:³

ISO Standard 468 Surface Roughness—Parameters, Their
Values and General Rules for Specifying Requirements

1.17 3. Terminology

3.1 *Definitions*—Definitions for many terms common to
asphalt cement and asphalt binder are found in Terminology
D8.

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard*:

3.2.1 *penetration, n*—consistency of a bituminous material
expressed as the distance in tenths of a millimetre that a
standard needle vertically penetrates a sample of the material
under known conditions of loading, time, and temperature.

1.18 4. Summary of Test Method

4.1 The sample is melted (if starting at ambient temperature)
and cooled under controlled conditions. The penetration is
measured with a penetrometer by means of which a standard
needle is applied to the sample under specific conditions.

1.19 5. Significance and Use

5.1 The penetration test is used as a measure of consistency.
Higher values of penetration indicate softer consistency.

NOTE 2—The quality of the results produced by this standard are
dependent on the competence of the personnel performing the procedure
and the capability, calibration, and maintenance of the equipment used.
Agencies that meet the criteria of Specification D3666 are generally
considered capable of competent and objective testing, sampling,
inspection, etc. Users of this standard are cautioned that compliance with
Specification D3666 alone does not completely ensure reliable results.
Reliable results depend on many factors; following the suggestions of

Specification D3666 or some similar acceptable guideline provides a
means of evaluating and controlling some of those factors.

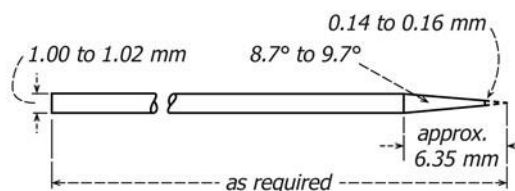
6. Apparatus

6.1 *Penetration Apparatus*—Any apparatus that permits the
needle holder (spindle) to move vertically without measurable
friction and is capable of indicating the depth of penetration to
the nearest 0.1 mm will be acceptable. The weight of the spindle
shall be 47.5 $\pm$ 0.05 g. The total weight of the needle and spindle
assembly shall be 50.0 $\pm$ 0.05 g. Weights of 50 $\pm$ 0.05 g and 100
 $\pm$ 0.05 g shall also be provided for total loads of 100 and 200 g,
as required for some conditions of the test. The surface on
which the sample container rests shall be flat, and the axis of
the plunger shall be at approximately 90° to this surface. The
apparatus shall have a leveling indicator. The spindle shall be
easily detached for checking its weight.

6.1.1 The leveling indicator shall be verified at least annually
with a handheld level.

6.2 Penetration Needle:

6.2.1 The needle (see Fig. 1) shall be made from fully
hardened and tempered stainless steel, Grade 440-C or equal,
HRC 54 to 60. The standard needle shall be approximately 50
mm [2 in.] in length, the long needle approximately 60 mm [2.4
in.]. The diameter of all needles shall be 1.00 to 1.02 mm
[0.0394 to 0.0402 in.]. It shall be symmetrically tapered at one
end by grinding to a cone having an angle between 8.7 and 9.7°
over the entire cone length. The cone shall be coaxial with the
straight body of the needle. The total axial variation of the



intersection between the conical and straight surfaces shall not
be in excess of 0.2 mm [0.008 in.]. The truncated tip of the cone
shall be within the diameter limits of 0.14 and 0.16 mm [0.0055
and 0.0063 in.] and square to the needle axis within 2°. The
entire edge of the truncated surface at the tip shall be sharp and
free of burrs. When the surface texture is measured in
accordance with American National Standard B46.1 or ISO 468
the surface roughness height, R_a , of the tapered cone shall be
0.2 to 0.3 μm [8 to 12 $\mu\text{in.}$] arithmetic average. The surface
roughness height, R_a , of the needle shank shall be 0.025 to
0.125 μm [1 to 5 $\mu\text{in.}$]. The needle shall be mounted in a non-
corroding metal ferrule. The ferrule shall be 3.2 $\pm$
0.05 mm [0.126 $\pm$ 0.002 in.] in diameter and 38 $\pm$ 1 mm [1.50 $\pm$
0.04 in.] in length. The exposed length of the standard needle
shall be within the limits of 40 to 45 mm [1.57 to 1.77 in.], and
the exposed length of the long needle shall be 50 to 55 mm [1.97

³⁰ Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St.,
4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.



to 2.17 in.]. The needle shall be rigidly mounted in the ferrule. The run-out (total indicator reading) of the needle tip and any portion of the needle relative to the ferrule axis shall not exceed 1 mm [0.04 in.]. The weight of the ferrule needle assembly shall be 2.50 ± 0.05 g. (A drill hole at the end of the ferrule or a flat on the side is permissible to control the weight.) Individual identification markings shall be placed on the ferrule of each needle; the same markings shall not be repeated by a manufacturer within a three-year period.

6.2.2 Needles used in testing materials for conformance to specifications shall be shown to have met the requirements of 6.2.1. Needles shall be checked every twelve months.

6.3 *Sample Container*—A metal or glass cylindrical, flatbottom container of essentially the following dimensions shall be used:

For penetrations below 40:

Diameter, mm	33–
	50
Internal depth, mm For penetrations below 200:	8–16

7.4.1.20.1 FIG. 1 Needle for Penetration Test

release agents, or other chemicals, as their presence may affect the penetration values obtained.

6.5 *Transfer Dish*—When used, the transfer dish shall have a capacity of at least 350 mL and sufficient depth of water to cover the large sample container. It shall be provided with some means for obtaining a firm bearing and preventing rocking of the container. A three-legged stand with three-point contact for the sample container is a convenient way of ensuring this.

6.6 *Timing Device*—For hand-operated penetrometers, any convenient timing device such as an electric timer, a stop watch, or other spring-activated device may be used provided it is graduated in 0.1 s or less and is accurate to within 60.1 s for a 60-s interval. An audible seconds counter adjusted to provide one beat each 0.5 s may also be used. The time for an eleven-count interval shall be 5 ± 0.1 s. Any automatic timing device attached to a penetrometer shall be accurately calibrated to provide the desired test interval within 60.1 s.

6.7 *Thermometer*—A thermometer, to be used in measuring the temperature of the water bath described in 6.2 while

Diameter, mm	48–
	56
Internal depth, mm	34–
For penetrations between 200 and 350:	40
Diameter, mm	55–
	80
Internal depth, mm For penetrations 350 to 500	45–
	70
Diameter, mm	55–
	70
Internal depth, mm	70–
	80

NOTE 3—Commonly available metal container sizes are 33 by 8 mm, 40 by 15 mm, 55 by 35 mm, 70 by 45 mm, 80 by 50 mm, and 70 by 80 mm.

6.3.1 For referee testing, the container shall essentially be 55 by 35 mm for materials with penetrations below 200; 70 by 45 mm for penetrations between 200 and 350; and 70 by 80 mm for penetrations above 350.

6.4 *Water Bath*—A bath capable of maintaining a temperature of 25 ± 0.1 °C [77 ± 0.2 °F] or any other temperature of

test within 0.1 °C [0.2 °F]. The bath shall have a perforated shelf supported in a position not less than 50 mm from the bottom and not less than 100 mm below the liquid level in the bath. If penetration tests are to be made in the bath itself, an additional shelf strong enough to support the penetrometer shall be provided. Brine may be used in the bath for determinations at low temperatures.

NOTE 4—The use of distilled water is recommended for the bath. Take care to avoid contamination of the bath water by surface active agents,

completing the test procedure as described in Section 9. The thermometer shall be one of the following (see Note 5):

6.7.1 A liquid-in-glass partial immersion thermometer of suitable range with subdivisions and maximum scale error of 0.1 °C [0.2 °F] which conforms to the requirements of Specification E1. Standardize the thermometer in accordance with one of the methods in Test Method E77 or verify its original standardization at the ice point in accordance with Practice E563. If the thermometer does not read 0.0 ± 0.1 °C [32.0 ± 0.2 °F] at the ice point, then the thermometer should be re-standardized.

6.7.1.1 Suitable liquid-in-glass thermometers commonly used are:

ASTM Number	Range
17C or 17F	19 to 27 °C [66 to 80 °F]
63C or 63F	–8 to +32 °C [18 to 89 °F]
64C or 64F	25 to 55 °C [77 to 131 °F]

6.7.2 A platinum resistance thermometer (PRT) readable to the nearest 0.1 °C [0.2 °F], with a Pt 100 Class AA tolerance rating and either a three- or four-wire configuration and an



overall sheath length at least 50 mm [2 in.] greater than the immersion depth. Standardize the PRT system (probe and readout device) in accordance with Test Methods E644. Corrections shall be applied to ensure accurate measurements within 0.1 °C [0.2 °F].

6.7.3 A metal-sheathed thermistor readable to the nearest 0.1 °C [0.2 °F] with an overall sheath length at least 50 mm [2 in.] greater than the immersion depth. Standardize the thermistor system (probe and readout device) in accordance with Test Methods E644. Corrections shall be applied to ensure accurate measurements within 0.1 °C [0.2 °F].

NOTE 5—Guide D8055 provides additional guidance on selecting appropriate electronic thermometer alternatives to a mercury-in-glass thermometer.

7. Preparation of Test Specimen

7.1 If the sample is not sufficiently fluid as received, heat the sample with care, stirring when possible to prevent local overheating, until it has become sufficiently fluid to pour. In no case should the temperature be raised to more than 60 °C [140 °F] above the expected softening point for tar pitch in accordance with Test Method D36/D36M, or to more than 90 °C [194 °F] above it for petroleum asphalt (bitumen). Heat samples for the minimum time necessary to ensure that they are sufficiently fluid. Stir to ensure that the sample is homogeneous. Avoid incorporating bubbles into the sample.

7.2 Pour the sample into the sample container to a depth such that, when cooled to the temperature of test, the depth of the sample is at least 120 % of the depth to which the needle is expected to penetrate. Pour separate portions for each variation in test conditions. If the sample container is less than 65 mm in diameter and the expected penetration is greater than 200, pour three separate portions for each variation in test conditions.

NOTE 6—If sufficient material is available, it is recommended to fill the sample container to near the brim.

7.3 Allow to cool in air at a temperature between 15 and 30 °C [59 and 86 °F]. Then place the samples together with the transfer dish, if used, in the water bath maintained at the prescribed temperature of test. Use the cooling and water bath times below:

Container size, mm	Cooling Time, min	Water Bath Time, min
33 × 8	20 to 40	20 to 40
33 × 16 or less	45 to 90	45 to 90
55 × 35	60 to 90	60 to 90
Larger	90 to 120	90 to 120

NOTE 7—If conditions warrant, it is appropriate to loosely cover each container as a protection against dust. A convenient way of doing this is by covering with a lipped beaker or inverted watch glass.

8. Test Conditions

8.1 Where the conditions of test are not specifically mentioned, the temperature, load, and time are understood to be 25 °C [77 °F], 100 g, and 5 s, respectively. Other conditions may be used for special testing, such as the following:

Temperature, °C [°F]	Load, g	Time, s
0 [32]	200	60
4 [39.2]	200	60
45 [113]	50	5
46.1 [115]	50	5

In such cases, the specific conditions of test shall be reported.

9. Procedure

9.1 Examine the needle holder and guide to establish the absence of water and other extraneous materials. If the penetration is expected to exceed 350, use a long needle; otherwise, use a short needle. Clean a penetration needle with toluene or other suitable solvent, dry with a clean cloth, and insert the needle into the penetrometer. Unless otherwise specified, place the 50-g weight above the needle, making the total weight 100 g.

9.2 If tests are to be made with the penetrometer in the bath, place the sample container directly on the submerged stand of the penetrometer. Keep the sample container completely covered with water in the bath. If the tests are to be made with the penetrometer outside the bath, place the sample container in the transfer dish, cover the container completely with water from the constant-temperature bath, and place the transfer dish on the stand of the penetrometer.

9.3 Using the level indicator, ensure that the apparatus is level.

9.4 Either note the reading of the penetrometer dial or bring the pointer to zero. Position the needle by slowly lowering it until its tip just makes contact with the surface of the sample. This is accomplished by bringing the actual needle tip into contact with its image reflected on the surface of the sample from a properly placed source of light. Quickly release the needle holder for the specified period of time and adjust the instrument to measure the distance penetrated in tenths of a millimetre. If the container moves, ignore the result.

9.5 Make at least three determinations at points on the surface of the sample not less than 10 mm from the side of the container and not less than 10 mm apart. If the transfer dish is used, return the sample and transfer dish to the constant-temperature bath between determinations. Use a clean needle for each determination. If the penetration is greater than 200, use at least three needles, leaving them in the sample until the three determinations have been completed. If the sample container is less than 65 mm in diameter and the expected penetration is greater than 200, make one penetration in each of the three separate containers prepared as per 7.2.

NOTE 8—With a 55-mm container and a sample with expected penetration greater than 200, it is often not possible to position the needle holder for a third determination without bumping the other two in-place needles. For routine testing it is acceptable to use a single container for all three needle penetrations, moving the first two needles as necessary, provided that the difference between the highest and lowest penetration values does not exceed the value specified in 10.1.



1.24 10. Report

10.1 Report to nearest whole unit the average of three penetrations whose values do not differ by more than the following:

Penetration	0–49	50–149	150–249	250–500
Maximum difference between highest and lowest penetration	2	4	12	20

1.25 11. Precision and Bias

11.1 Precision estimates for this test were developed using theAMRL proficiency sample database, which includes pairedsample data representing approximately 16 000 repetitions of the penetration test at 25 °C [77 °F], and approximately 4000 repetitions of the penetration test at 4 °C [39.2 °F]. The materials for the database are conventional straight-run and blended asphalts with penetration values ranging from 29 to 286 units measured at 25 °C [77 °F]. Analysis of this data indicates that precision of the test can be described with the following equations:

Symbols: x = penetration test result (units)

σ = standard deviation of penetration test result (units)

Single-Operator Precision at 25 °C [77 °F] if $x < 60$, then $\sigma = 0.8$
if $x > 60$, then $\sigma = 0.8 + 0.03 [x-60]$

Multilab Precision at 25 °C [77 °F] if $x < 60$, then $\sigma = 2.5$
if $x > 60$, then $\sigma = 2.5 + 0.05 [x-60]$

Single-Operator Precision at 4 °C [39.2 °F] $\sigma = 0.8 + 0.02 (x)$

Multilab Precision at 4 °C [39.2 °F] $\sigma = 2.5 + 0.08 (x)$

11.2 The acceptable range of two results (95 % confidence) can be determined by multiplying the standard deviation estimates given in 11.1 by a factor of 2.83 and rounding to the nearest whole number.

11.3 This test method has no bias because the values determined are defined only in terms of the test method.

7.4.1.26 12. Keywords

12.1 asphalt; bitumen; penetration

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; http://www.copyright.com/

NORMAS ASTM EN
ESPAÑOL



DESIGNACION: D 6372-20

PRACTICA ESTANDAR PARA EL DISEÑO, ENSAYO Y CONSTRUCCION DE MICROSURFACING.

1. ALCANCES:

- 1.1. Esta práctica cubre el diseño, ensayo y construcción de mezclas constituidas de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral, relleno mineral, agua, y otros aditivos adecuadamente proporcionados, mezclados y esparcidos sobre la superficie de un pavimento. Constituye una guía y debe ser utilizada como tal. Al final, este estándar debe ser adaptado conforme al proyecto en particular y a los requerimientos de uso.
- 1.2. Los valores proporcionados en unidades internacionales SI son establecidas como las estándar.
- 1.3. *Este estándar no pretende dirigirse a todas las consideraciones de seguridad, si alguna se asocia con su uso. Es responsabilidad del usuario de este estándar establecer practicas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de regulaciones previo a su uso.*

2. REFERENCIAS.

2.1. Estándares ASTM:

- a) C 88 Test Method for Soundness of Agregate by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate.
- b) C 117 Test Method for Materials Finer Than No. 200 Sieve in Mineral Aggregates by Washing
- c) C 131 Test Method for Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- d) C 136 Test Method for Sieve Analysis of Aggregate
- e) D 36 Test Method for Softening Point by the Use of Ring and Ball
- f) D 75 Practice for Sampling Aggregate
- g) D 140 Practice for Sampling Bituminous Asphalt
- h) D 2397 Specifications for Cationic Emulsified Asphalt
- i) D 2419 Test Method for Sand Equivalent Value of Soil and Fine Aggregate
- j) D 3910 Practice for Design, Testing and Construction of Slurry Seal

2.2. Documentos ISSA:

- a) ISSA Technical Bulletin No. 100, Test Method for Wet Track Abrasion of Slurry Surfaces
- b) ISSA Technical Bulletin No. 139, Test Method to Classify Emulsified Asphalt/Aggregate Mixture Systems by Modified Cohesion Tester, Measurement of Set and Cure Characteristics
- c) ISSA A143 Revised May 1996 Recommended Performance Guidelines For Micro-Surfacing

- d) ISSA Technical Bulletin No. 144, Test Method for Classification of Aggregate Filler-Bitumen Compatibility by Schultze-Breuer and Ruck Procedures
- e) ISSA Technical Bulletin No. 147, Test Methods for Measurement of Stability and Resistance to Compaction Vertical and Lateral Displacement of Multilayered Fine Aggregate Cold Mixes.

TERMINOLOGIA.

2.3. Definición de términos específicos para este estándar:

2.3.1. *Mezclas microsurfacing de emulsión asfáltica modificada con polímero* – como se establece en este estándar, son mezclas de agregado fino con relleno mineral, agua de mezclado, y aditivos de control de campo, mezclados uniformemente con emulsión asfáltica modificada con polímero.

3. RESUMEN DE LA PRACTICA.

3.1. Esta práctica bosqueja las propiedades básicas de los materiales, procesos de diseño de mezcla, y técnicas de aplicación para el diseño y aplicación de sistemas de microsurfacing. El desarrollo de la mezcla mediante esta practica deberá ser capaz de ser esparcida en secciones transversales de espesor variable, la cual después de curada y consolidada por el trafico inicial, resiste la compactación a través de los rangos de tolerancia de diseño completo del contenido de asfalto y de espesores encontrados. Al final el producto deberá mantener una superficie altamente friccionante y una sección de espesor variable a lo largo de la vida de la superficie. La mezcla deberá ser un sistema de rápida apertura al trafico y ser capaz de aceptar el rodamiento del trafico sobre un espesor de 12.7 mm dentro de la primer hora después de colocado a una temperatura de 24oC y con una humedad del 50% o menor.

4. SIGNIFICADO Y USO.

4.1. Esta práctica ha sido escrita como una guía y no debe ser interpretada como una especificación. Al final este estándar deberá ser adaptado conforme a los requerimientos del proyecto en particular y al uso.

5. DISEÑO.

5.1. *Agregados* – El agregado deberá ser piedra triturada como un granito, escoria, piedra caliza, u otro agregado de alta calidad o una combinación de ellos. Los agregados deberán ser en su totalidad piedra triturada con un 100% del agregado de referencia tan grande como la partícula de mayor tamaño en la gradación a utilizar. Los requerimientos recomendados de gradación se muestran en la tabla 1. Cuando se ensaye por el método D 2419, al agregado combinado debe tener un valor de equivalente de arena no menor de 65, antes de añadirle cualquier relleno mineral químico activo. Cuando se ensaye por el método C 88 el agregado deberá tener una perdida en peso promedio no mayor del 15% utilizando Sulfato de Sodio o menor del 25% utilizando Sulfato de magnesio. Al ensayar por el método de ensayo C 131 deberá mostrar una resistencia a la abrasión de 30% como máximo.

5.2. *Relleno Mineral* – El relleno mineral deberá ser cualquier Cemento Pórtland de calidad reconocida o limo hidratado, estar libre de aglomerados y aceptable mediante inspección visual. El tipo y cantidad de relleno mineral necesarios, serán determinados por el diseño de mezclas en laboratorio y se consideraran como parte de la granulometría del agregado.

5.3. *Emulsión Asfáltica* – La emulsión asfáltica será una emulsión asfáltica modificada con polímero de fraguado rápido conforme con los requerimientos especificados en la especificación D 2397 para CSS-1h. El material que conforme el polímero deberá ser molido o mezclado dentro del asfalto o en la solución de emulsificante previo al proceso de emulsificación. El ensayo de mezclado con cemento deberá ser realizado para dicha emulsión. El ensayo de sedimentación a los 5 días será descartado. Consultar el documento ISSA A 143.

6. COMPOSICION DE LA MEZCLA DE MICROSURFACING.

6.1. Una mezcla de trabajo debe ser seleccionada de tal forma que cumpla con las especificaciones para sistemas de rápida apertura al tráfico, esto quiere decir que debe ser capaz de aceptar tráfico en un corto periodo de tiempo después de ser colocada y ser capaz de ser esparcida en secciones transversales variables, cuñas, rodaderas, etc, y que después de curada y consolidada por el tráfico inicial, resista la compactación completa del rango de diseño del contenido de asfalto y de los espesores variables encontrados. La mezcla debe mantener una superficie altamente friccionante. La mezcla deberá ser capaz de aceptar el paso del tráfico sobre una superficie de 12.7 mm de espesor en el lapso de una hora después de colocada a una temperatura de 24°C y con un humedad del 50% o menor. La mezcla cumplirá con un de los tipos de gradación mostrados en la tabla 1. La gradación tipo II es adecuada para calles residenciales y urbanas y pistas de aterrizaje en aeropuertos. Esta será aplicada en rangos mínimos de 5.4 a 8.1 kg/m². La gradación tipo III es adecuada para rutas primarias o caminos interestatales y para relleno de rodaderas. Esta deberá ser aplicada en rangos de 8.1 a 16.2 Kg/m², para rutas primarias o de alto tráfico. La aplicación para relleno de rodaderas será realizada conforme a lo prescrito en el apéndice XI.

7. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DE SISTEMAS DE MICROSURFACING.

7.1. *Ensayo de cohesión:*

7.1.1. Este procedimiento de ensayo es utilizado para determinar los tiempos de fraguado variables de un sistema de microsurfacing. Se mide el torque de una mezcla de microsurfacing como parámetro de la coalescencia y el desarrollo de la cohesividad. El torque desarrollado ploteado sobre el tiempo transcurrido muestra como la mezcla desarrolla su resistencia a ser movida. Los valores específicos de torque y tiempo son definidos como “tiempo de fraguado” y “tiempo de apertura al tráfico inicial”. (ver fig. 1)

7.1.2. El tiempo de fraguado es definido como el lapso de tiempo después de vaciar un espécimen de mezcla de microsurfacing en el cual esta no puede ser re-mezclada homogéneamente (no hay emulsión libre para lubricar el sistema) y no son posibles desplazamientos laterales cuando es compactada. Se puede definir además como el tiempo en donde no hay signos de emulsión libre cuando se

presiona con una toalla de papel absorbente y no hay emulsión libre diluida y lavada fuera cuando se enjuaga con agua.

7.1.3. El tiempo de apertura temprana al tráfico se define como el tiempo en el cual la mezcla de microsurfacing aceptara el paso del trafico sin pelarse o deformarse.

7.1.4. El tiempo de fraguado de una mezcla de microsurfacing se determina de manera general en la sección 6.3 de la practica D 3910.

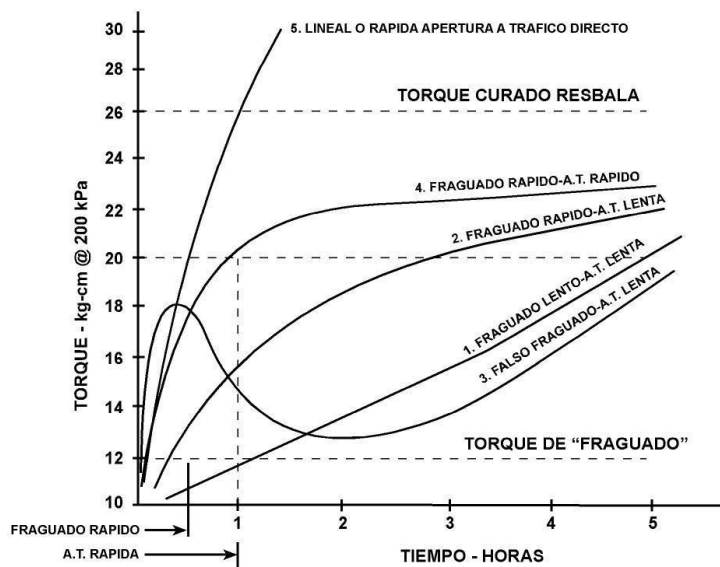


Fig. 1. Clasificación de sistemas de mezclas. Curva del ensayo de cohesión modificada

Nota 1 – Consultar el boletín técnico ISSA TB #139

7.2. Ensayo de abrasión en húmedo.

7.2.1. Este procedimiento de ensayo se utiliza para determinar el contenido de asfalto mínimo y la resistencia al descascamiento.

7.2.2. Se establece el contenido mínimo permisible de emulsión asfáltica de un sistema de microsurfacing específico, y la susceptibilidad a la humedad del sistema a largo plazo.

7.2.3. El ensayo debe realizarse de acuerdo con la practica D 3910, sección 6.4.

Nota 2 – Consultar el boletín técnico ISSA TB #100

7.3. Ensayo de la rueda cargada – Este procedimiento de ensayo mide la cantidad de compactación y las características de desplazamiento de mezclas de sistemas de

microsurfing para aplicaciones multicapa bajo compactación simulada del tráfico. (Ver fig. 2).

7.3.1. Resumen del procedimiento de ensayo:

- 7.3.1.1. Se pesan 500 g de agregado seco y se prepara utilizando agregado 0/#4 u otra gradación y se mezcla con una cantidad establecida de relleno mineral, agua aditivos y emulsión asfáltica. Después de 30 s de vigoroso mezclado, la mezcla es vertida dentro de un molde de 12.7 por 50.8 mm por 38.1 cm, centrado sobre una placa de montaje de 0.60 mm de espesor, enrasando inmediatamente con un inmediatamente con una varilla de madera o una regla de madera mediante un movimiento de aserrado. La superficie interior del molde puede ser cubierta con una delgada capa de petróleo o una mezcla de glicerina y talco como un desmoldante para prevenir la adherencia.
- 7.3.1.2. Tan pronto como la mezcla este lo suficientemente endurecida para prevenir el flujo libre de la misma, el molde se remueve cuidadosamente sin dañar el espécimen. El espécimen se cura al aire por 24 horas, luego se seca en un horno de corriente forzada a 60°C por 18 a 20 h. a peso constante. Después de enfriado, se mide el ancho central del espécimen y su espesor neto, se obtiene el peso neto y se registran los resultados. El espécimen es luego montado en la maquina de ensayo y sometido a 1000 ciclos de compactación con una carga de 56.7 kg. Se remueve luego el espécimen e inmediatamente se mide lateralmente en el camino de la rueda y se registran los resultados. El desplazamiento lateral se expresa como el incremento en porcentaje del ancho original. La gravedad específica debe ser expresada como el incremento en porcentaje después de la compactación.

7.3.2. Aparatos:

- 7.3.2.1. *Balanza*, capaz de pesar 2000 g o mas a una precisión de +/- 1.0 g.
- 7.3.2.2. Ensayador de rueda cargada, (como el descrito en el ISSA TB #109) consistente de una rueda de caucho suave de 7.62 mm de diámetro, cargada con 56.7 mkg la cual se mueve alternamente a través de un recorrido de 30.48 cm a un rango de 44 ciclos por minuto.

3.3.2.3. *Tazón pesado de fondo redondo*, adecuado para preparar 500 gramos de mezcla.

8.3.2.4. *Cuchara de acero con mango largo*, una espátula adecuada para mezclar la emulsión con el agregado.

8.3.2.5. *Placa de montaje*, (acero galvanizado de 0.60 mm de espesor, 7.62 por 40.60 cm, de orillas redondeadas)

8.3.2.6. *Molde de especímenes*, de 12.7 mm de espesor por 76.2 mm x 40.6 cm de dimensiones externas y 50.8 mm por 38.1 cm de dimensiones internas.

8.3.2.7. *Pie de rey*, capaz de medir ancho de especímenes con precisión de 0.01 mm.

8.3.2.8. *Horno*, de corriente forzada con control termostático para mantener una temperatura constante de 60 +/- 3oC. Ver especificación E 145, tipo IIB.

7.3.3. *Preparación del espécimen de ensayo:*

7.3.3.1. Una mezcla de 500es preparada con agregado seco utilizando la fracción mas pequeña de 4.75 mm, la cantidad deseada de filler, agua, aditivos y emulsión asfáltica.

7.3.3.2. Después de 30 s de vigorosa mezcla, verter la mezcla dentro del molde centrado sobre la placa de montaje e inmediatamente enrasar con una regla adecuada de madera mediante un movimiento de aserrado. La operación de moldeado debe ser completada entre los 15 s y por no mas de 45 s transcurridos después de iniciada la mezcla hasta finalizar el espécimen.

7.3.3.3. Tan pronto como la mezcla este lo suficientemente endurecida para prevenir el libre flujo de la misma, remover cuidadosamente el molde sin maltratar el espécimen. Luego secar al aire por 24 horas y luego secar en un horno a peso constante por 18 a 20 h, a una temperatura de 60oC. 8.3.3.4. Después de enfriado por 2 horas a temperatura ambiente, medir el espécimen con un pie de rey, para obtener el espesor lateral neto.

9.3.3.5. Montar el espécimen en la maquina de ensayo y someterlo a 1000 ciclos de compactación a una temperatura de 22 +/- 2°C.

8.3.3.6. Remover el espécimen de la maquina de ensayo e inmediatamente medirlo lateralmente.

8.3.3.7. Consultar el Boletín técnico ISSA TB # 147.

7.4. *Ensayo de clasificación* – Este procedimiento de ensayo cubre la determinación de la compatibilidad relativa entre el relleno mineral de gradación específica y el residuo de emulsión asfáltica.

7.4.1. *Resumen del procedimiento* – El procedimiento de ensayo provee un sistema de clasificación o valores de clasificación para las características de perdida por abrasión, adhesión, cohesión a altas temperaturas de una combinación de relleno mineral, agregado y emulsión asfáltica específica.

7.4.2. *Aparatos:*

7.4.2.1. Balanza, capaz de pesar 1000 g y sensible al 0.01 +/- 0.005 g.

- 7.4.2.2. Horno, de corriente forzada con control termostático para mantener una temperatura constante de $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$. Ver especificación E 145 tipo IIB.
- 7.4.2.3. Tazón pesado de fondo redondo – para contener una mezcla de 200 g.
- 7.4.2.4. Espátula de mezclado. O una cuchara metálica de mango largo.
- 7.4.2.5. Molde metálico de píldoras – constituido por una base, de 30 mm de diámetro interno por 70 mm de altura y 29 mm de diámetro en la cabeza.
- 7.4.2.6. Prensa de fuerza constante, capaz de ejercer una fuerza constante de 1000 kg.
- 7.4.2.7. Plataforma cilíndrica, constituida por tubos de acrílico de 16 mm de diámetro interno por 400 mm de longitud interna conteniendo de 1100 $\pm$ 25 mm. Volumen encerrado de agua con selladores metálicos en cada extremo, con uno de ellos removible.
- 7.4.2.8. Máquina de abrasión, capaz de sostener al menos dos pares de plataformas cilíndricas y ser capaz de rotarlas de extremos a extremo aproximadamente sobre un eje axial a 20 rpm. (Ver fig. 3)
- 7.4.2.9. Canasta galvanizada de 6 mm, de 50 mm de diámetro por 50 mm de largo con un accesorio adecuado para suspenderla en agua hirviendo.
- 7.4.2.10. Placa caliente, capaz de calentar 500 ml de agua hasta la ebullición.
- 7.4.2.11. Beaker metálico o de vidrio de 800 ml, capaz de contener agua hirviendo.

7.4.3. Preparación del espécimen de ensayo:

- 7.4.3.1. El agregado a ser utilizado deberá ser tamizado en seco y regraduado como se establece en la tabla 2.
- 7.4.3.2. Pesar, dentro del tazón de mezclado, 200 g de agregado preparado, 2 g de cemento Portland tipo I o la cantidad deseada de cemento u otros aditivos, o ambos, y suficiente agua para producir una mezcla trabajable (aproximadamente 50 g). premezclar vigorosamente antes de añadir la emulsión.
- 7.4.3.3. Añadir el equivalente de 8.125 $\pm$ 0.1% de asfalto puro (12.5% de una emulsión con residuo de asfalto del 65%) y mezclar hasta que la emulsión rompa, colocar la mezcla desmenuzada dentro de una

charola adecuada y curar al aire por un mínimo de 1 h. Secar en un horno a peso constante a una temperatura de 60°C.

TABLA 1. Requerimientos de gradación

Tamaño del tamiz	% pasa, TIPO II	% pasa, TIPO III	Tolerancias
9.5 mm	100	100	
4.75 mm	90-100	70-90	+/- 5%
2.36 mm	65-90	45-70	+/- 5%
1.18 mm	45-70	28-50	+/- 5%
600 um	30-50	19-34	+/- 5%
330 um	18-30	12-25	+/- 4%
150 um	10-21	7-18	+/- 3%
75 um	5-15	5-15	+/- 2%

TABLA 2. Tamizado en seco, medida del agregado.

Tamiz, %
710 a 2.00 mm = 25%
250 a 710 um = 40%
90 a 250 um = 15%
0.0 a 90 um = 20%

- 7.4.3.4. Colocar 40 g +/- 1 g de mezcla desmenuzada seca dentro del molde de acero precalentado a 60°C. Inmediatamente comprimir la mezcla por un minuto a una presión de 1000 kg. Remover la pastilla resultante, del molde y enfriar a temperatura ambiente.
- 7.4.3.5. Remover cualquier pérdida de la pastilla y pesar a una precisión de 0.01 g.
- 7.4.3.6. Sumergir la píldora en un baño de agua a 25 +/- 3°C, por seis días.
- 7.4.3.7. Después de remojar por seis días, remover la píldora del baño de agua y secar superficialmente secando con un papel toalla resistente hasta que ya no aparezca mas humedad en la toalla.
- 7.4.3.8. Pesar el espécimen superficialmente seco a una precisión de 0.01 g.
- 7.4.3.9. Rellenar el cilindro transportador con agua de grifo a 750 +/- 25 mL (2/3 de su capacidad), colocar la píldora en el cilindro, colocar el

extremo removible y tapar el cilindro, colocándolo de muy firmemente sobre la maquina de abrasión. Correr la maquina de abrasión por 3 h +/- 3 min a 20 rpm (3600 ciclos). Al completar los ciclos, remover la pastilla del cilindro y secar superficialmente la pastillas desgastada como antes. Pesar inmediatamente a una precisión de 0.01 g.

7.4.3.10. Colocar la pastilla desgastada en la canastilla y suspenderla en un beaker de 800 ml u otro contenedor adecuado lleno de agua en ebullición. Hervir la pastilla por 30 min. Remover la pastilla y la canastilla del agua hirviendo y colocar los remanentes de la pastilla hervida sobre papel absorbente, Cuando se seca superficialmente, pesar el remanente de la pastilla que presente una forma coherente y la mayor masa. Calcular el porcentaje en peso de la pastilla original saturada. Después secar al aire por 24 horas realizar una estimación del porcentaje de particulas de agregado-filler que están completamente recubiertas de asfalto. Realizar un informe de los resultados promedio de cuatro especimenes que incluya: absorción, en gramos absorbidos; perdida por abrasión, en gramos perdidos; adhesión, porcentaje de recubrimiento e integridad, en porcentaje de masa retenida. Clasificar los resultados comparándolos con los valores mostrados en la tabla 3. Ver ISSA TB # 144.

TABLA 3. Sistema de clasificación por compatibilidad

Rango de clasificación, Para cada ensayo	Rango puntos, Para ensayo	de Adhesión a los cada 30 min hervido, % recubierto	Perdida de abrasión, gramos	por Integridad a los 30 min. De hervido, % retenido
A	4	0-0.7	90-100	90-100
B	3	0.7-1.0	75-90	75-90
C	2	1.0-1.3	50-75	50-75
D	1	1.3-2.0	10-50	10-50
E	0	2.0 +	0	0

APENDICE XI.

REPERFILADO DE RODADERAS CON MICROSURFACING

XI.1. Regla del pulgar:

XI.1.1. Por cada 2.54 cm de mezcla de microsurfacing añadir 3.2 a 6.4 mm de material en la corona de la calzada, para permitir la compactación bajo trafico (Ver fig. XI.1.)

XI.2. Cuando se necesite estimar cantidades para nivelar las rodaderas con microsurfacing. La cantidad exacta de material necesario es muy difícil de calcular. La profundidad y ancho de las rodaderas varían

drásticamente a lo largo de todo un proyecto. la siguiente tabla muestra un cuadro de las cantidades para varias profundidades de rodadera, para propósitos de estimación.

TABLA XI.1.

Cuadro de cantidades para profundidades de rodaderas.

Profundidad de la rodadera, mm	Kg/m ²
8.5 a 12	9.1 a 13.6
13 a 26.4	11.4 a 15.9
25.4 a 31.7	12.7 a 17.3
31.7 a 38.1	14.5 a 18.2

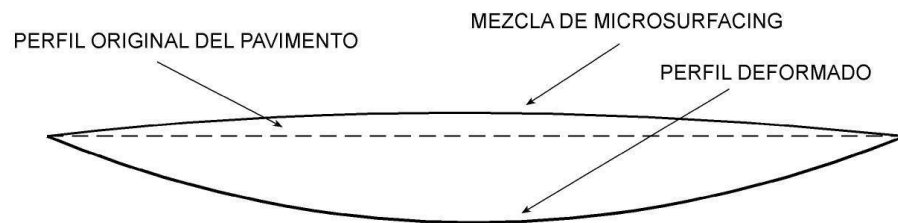


Fig. XI.1. Relleno de rodadera.

APENDICE XII. DESIGNACION D 3910-98. SECCION 6.3

6.3. Tiempo de curado:

6.3.1. El curado total de una lechada se obtiene cuando ocurre la cohesión completa entre las partículas de agregado cubiertas por asfalto. Un dispositivo de ensayo para medir la cohesión es utilizado para medir este tiempo.

6.3.2. Una mezcla de óptimo diseño obtenida mediante el ensayo de consistencia es enrasada sobre un colchón de papel impermeable a un espesor que no exceda la altura del fragmento de agregado mas grande presente en la mezcla. Se recomienda la utilización de una plantilla para obtener un espesor uniforme de la lechada.

6.3.3. Después de que el fraguado de la lechada a ocurrido. La matriz es colocada debajo de el pie de caucho de acción neumática (25.4 mm de diámetro) del ensayador de cohesión. Una presión de 193 Kpa se considera como equivalente a la ejercida por un automóvil promedio. El pie de caucho es torcido por medio de una manivela de torque, la cual proporciona una lectura en pulgadas-libra o pulgadas-onzas /ver tabla 2) El procedimiento de par torsión es repetido a intervalos de 15-30 minutos hasta que la lectura de torque mas alta obtenida permanezca constante. Un lugar sin perturbaciones debe ser elegido para realizar el ensayo en cada intervalo de tiempo. El tiempo requerido para alcanzar una lectura constante del par torsión máximo o

hasta que el pie de caucho se desplaza libremente sobre la superficie de la lechada sin que las partículas de agregado sean desplazadas, es registrado como el tiempo de curado.

6.3.4. El dispositivo ensayador de cohesión es un dispositivo ligero y portátil el cual puede ser ajustado para aplicar presiones variables a la matriz de lechada (Ver fig. 2 y 3). El torque puede ser aplicado con un torcometro. El ensayador de cohesión puede utilizarse en el laboratorio o en campo y puede ser presurizado con un compresor de aire portátil o con una simple bomba de inflar para bicicletas.

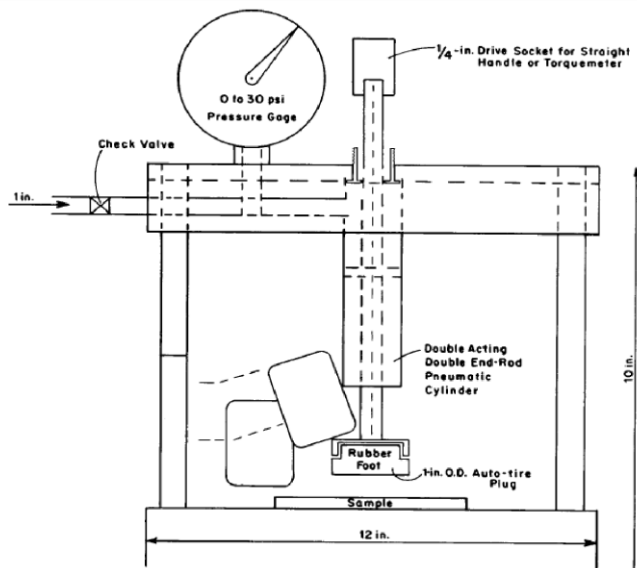


FIG. 2 Cohesion Tester (Front View)

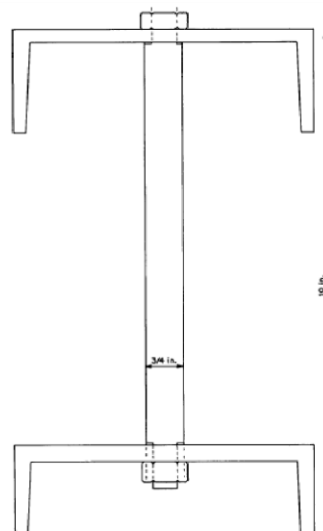


FIG. 3 Cohesion Tester (Side View)

TABLA 2. Tabla de ensayador de cohesión neumático

Psi (sobre el calibrador)	Psi (sobre el pie)	kPa (psi sobre pie) multiplicado por 6.894
4.5	5	34.5
8.9	10	68.9
13.3	15	103.4
17.7	20	137.9
22.1	25	172.4
24.8	28	193.0
26.6	30	206.8
31.0	35	241.3
35.4	40	275.8
39.9	45	310.2
44.3	50	344.7

6.4. *Ensayo de abrasión en húmedo.*

6.4.1. *Resumen del método de ensayo.*

6.4.1.1. Una mezcla de lechada de agregado fino, emulsión asfáltica y agua, es preparada con una consistencia homogénea (Ver ensayo de consistencia). La lechada es formada dentro de un disco vertiendo dentro de una plantilla circular de polimetilmetacrilato (PMMA), ensayando sobre un círculo grande de fieltro impermeable de 13.62 kg (30 lb).

6.4.1.2. Después de remover la muestra de la plantilla, El espécimen en forma de disco es secado a peso constante a 60°C (140°F). La lechada curada es colocada en un baño de agua por una hora, luego es mecánicamente desgastada bajo el agua con una manguera de caucho por 5 minutos. El espécimen desgastado es lavado para quitarle los restos y secado a 60°C y pesado. La pérdida en peso expresada como gramos por metro cuadrado es registrada como el valor de pérdida por abrasión húmeda (pérdida WTAT).

6.4.2. *Aparatos.*

6.4.2.1. *Balanza*, capaz de pesar 5000 g con precisión a las 1.0 g.

6.4.2.2. *Agitador mecánico tipo planetario*, equipado con una manguera de caucho previamente pesada (5 lb) sujeta al dispositivo (cabeza de abrasión) con aproximadamente 12.7 mm de movimiento libre en el eje de la camisa (ver fig.4)

6.4.2.3. *Peso* – Charola metálica de fondo plano, con diámetro aproximado de 330 mm con paredes verticales de 51 mm con cuatro roscas de sujeción equidistantes capaces de asegurar especímenes de 285 mm de diámetro al fondo de la charola. (ver fi. 5)

6.4.2.4. *Tazón de fondo curvo* – para contener la muestra durante el mezclado.

6.4.2.5. *Cuchara de mango largo* – de suficiente longitud para sobresalir 101 mm o mas afuera del tazón de mezclado durante la agitación de la mezcla.

6.4.2.6. *Discos*, suministro de discos de 286 mm de diámetro, cortados a partir de 13.62 kg de fieltro impermeable.

6.4.2.7. *Equipo*, utilizado en la preparación del espécimen como una plantilla circular especial de polimetilmetacrilato de 6 mm de espesor con 279 mm de diámetro y una corta agarradera de 305 a 355 mm.

6.4.2.8. *Horno*, de corriente forzada con control termostático para mantener una temperatura constante de 60 +/- 3oC, ver especificación E 145 tipo IIB.

6.2.4.9. *Baño de agua*, con temperatura constante controlada de 25 +/- 1oC.

6.4.2.10. *Manguera de caucho reforzada*, Con diámetro interno de 19 mm y diámetro externo de 31 mm. La manguera debe ser cortada con un largo de 127 mm y perforada con dos pares de agujeros de 9 mm alineados a 102 mm de centro a centro. Perforar los agujeros a través de los lados cóncavos o convexos de la manguera.

6.4.2.11. *Bloque de apoyo de madera*, o su equivalente para soportar la plataforma ensamblada en posición durante el ensayo. (Ver fig. 7 y 8).

6.4.3. *Preparación del espécimen de ensayo.*

6.4.3.1. La proporción adecuada de cemento Pórtland (o limo hidratado u otro aditivo), agua, y emulsión asfáltica en base al peso seco del agregado debe ser predeterminada en laboratorio o por diseños de mezclas anteriores que hayan presentado un buen funcionamiento en campo y que sean aprobados por el ingeniero del proyecto

6.4.3.2. Cuartear una suficiente cantidad de agregado secado al aire que pase el tamiz No.4 para obtener al menos 800 g en una sola cuarteada.

6.4.3.3. Pesar 800 g de agregado dentro del tazón de mezclado. Utilizando la cuchara de mezcla, mezclar vía seca el relleno mineral con el agregado por un minuto o hasta que se distribuya uniformemente. Añadir la cantidad predeterminada de agua y mezclar nuevamente durante un minuto o hasta que todas las partículas de agregado sean humedecidas de manera uniforme. Finalmente añadir la cantidad predeterminada de emulsión y mezclar por un periodo no menor de un minuto y no mayor de tres minutos.

6.4.3.4. Colocar la plantilla sobre el disco de fieltro impermeable de 286 mm de diámetro e inmediatamente verter la lechada sobre el disco de fieltro.

6.4.3.5. Nivelar la superficie de la lechada con la parte superior de la plantilla con el mínimo de manipulación (excesiva manipulación contribuye a la segregación). Limpiar el material excesivo y descartarlo.

6.4.3.6. Remover la plantilla. Colocar el espécimen moldeado en un horno a 60°C y secar a peso constante por un periodo de 15 horas como mínimo.

Nota 5 – Deberá notarse que si la mezcla de lechada es secada al aire antes de ser secada al horno a peso constante, la presencia de cemento Portland en la mezcla puede causar que las propiedades físicas de la mezcla sean afectadas por la humedad relativa del ambiente de curado. El ambiente de curado deberá incrementar los grados de hidratación del cemento Portland y cambiar las propiedades físicas de la mezcla. Como practica, se sugiere que la charola con lechada se le permita curar a una humedad relativa del 50% como máximo si se desean los efectos óptimos del cemento Portland.

6.4.4. Procedimiento.

6.4.4.1. Remover el espécimen seco del horno y permitir que este se enfríe a temperatura ambiente y pesar.

6.4.4.2. Después de pesado. Colocar el espécimen en un baño de agua a 25°C por 60 a 75 minutos.

6.4.4.3. Remover el espécimen del baño de agua y colocarlo en la charola de fondo plano. Asegurar el espécimen al fondo de la charola mediante las cuatro tuercas de oreja-arandela.

6.4.4.4. Cubrir el espécimen completamente con agua a una profundidad mínima de 6 mm (con temperatura de 25°C).

6.4.4.5. Asegurar la charola conteniendo el espécimen sobre la plataforma del dispositivo ensayador (Ver fig. 4). Bloquear la cabeza de abrasión sobre el fuste de la máquina H. Elevar la plataforma hasta que la manguera de caucho esté sobre la superficie del espécimen. Utilizar el bloque de apoyo para sostener la plataforma ensamblada durante el ensayo.

6.4.4.6. Encender el mezclador a baja velocidad. Operar el mezclador por 5 minutos +/- 2s para el modelo Hobart C-100; 6.7 min +/- 2 s, para el modelo Hobart A-120 y 5.15 min +/- 2s, para el modelo Hobart N-50.

Nota 6 – Instalar una sección nueva de manguera después de completar cada ensayo. Se permite rotar la manguera hacia la otra mitad después de cada ensayo realizado para obtener una sección nueva para el próximo ensayo a realizar.

6.4.4.7. Remover el espécimen de la charola después del ciclo de abrasión y lavar los desechos. Colocar el espécimen lavado en un horno a 60°C y secar a peso constante.

6.4.4.8. El espécimen seco es removido del horno, permitir que alcance la temperatura ambiente y pesar. La diferencia entre este peso y el peso obtenido en el numeral 5.4.1. es multiplicada por el factor apropiado mostrado en la Nota 7 para expresar la pérdida en gramos por metro cuadrado. El valor de pérdida por abrasión húmeda (valor húmedo) es multiplicado por el factor de corrección par obtener un valor húmedo C-100 para comparar con los límites establecidos en la sección 5.4.7.

6.4.5. Informe – Reportar el valor húmedo (pérdida WTAT) en gramos por metro cuadrado.

Nota 7 – Los factores utilizado par convertir la pérdida a una pérdida por área superficial para cada mezclador Hobart son los siguientes:

Modelo	Área	1 ft ²	1 m ²	Factor de corrección C-100
	<u>desgastada</u>			
C-100	0.327 ft ²	3.06	32.9	1.00
A-120	0.360 ft ²	2.78	29.9	1.17
N-50	0.287 ft ²	3.48	37.5	0.78

El factor de corrección C-100 convierte valores de pérdida WTAT de A120 y N-50 a valores de pérdida WTAT C-100.



FIG. 4 Specimen in Place Ready for Test (C-100 machine pictured)

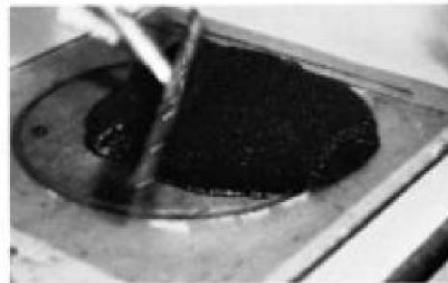


FIG. 6 Squeeging, Slurry into Mold

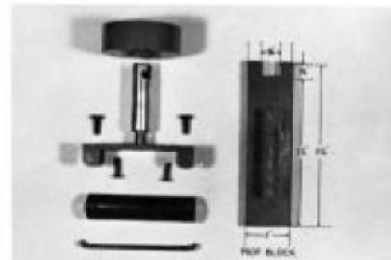


FIG. 7 Components of Abrasion Head (dimensions shown are for the C-100 machine)

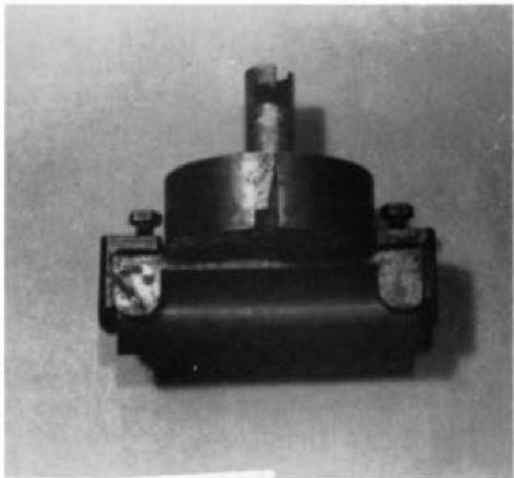


FIG. 8 Assembled Abrasion Head

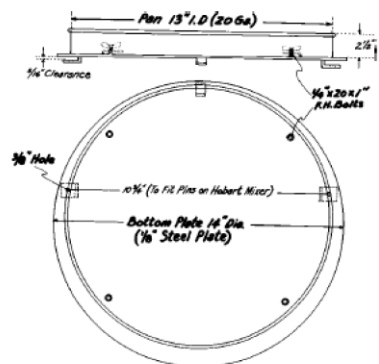


FIG. 5 Diagram of Pan (dimensions shown are for the C-100 machine)