

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



TRABAJO DE GRADO:

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO DE ASFALTO EN LA
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL
SALVADOR”.

PRESENTADO POR:

ARANDA ARGUETA, JOSÉ EDENILSON
CAMPOS FUENTES, MANUEL ANTONIO

**PARA OPTAR AL TITULO
INGENIERO CIVIL**

DOCENTE DIRECTOR:

ING. RIGOBERTO LOPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, DICIEMBRE DE 2014

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

RECTOR

MS.D ANA MARIA GLOWER DE ALVARADO

VICE-RECTORA ACADEMICA

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

SECRETARIA GENERAL

LIC. FRANCISCO CRUZ LETONA

FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

LIC. CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ

DECANO

LIC. CARLOS ALEXADER DIAZ

VICE DECANO

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNANDEZ

SECRETARIO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

AUTORIDADES

ING. JUAN ANTONIO GRANILLO

JEFE DEL DEPARTAMENTO

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA.

COORDINADORA GENERAL DE PROCESO DE GRADUACIÓN

ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA.

COORDINADOR DE INGENIERIA

ING. RIGOBERTO LOPEZ

DOCENTE DIRECTOR

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

**ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA.
COORDINADORA GENERAL DE PROCESO DE GRADUACIÓN**

**ING. RIGOBERTO LOPEZ
DOCENTE DIRECTOR**

AGRADECIMIENTOS,

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, ya que ha sido mi fortaleza en los momentos que más he necesitado.

A mi madre Martina Argueta, que con su apoyo incondicional ayudó a que pudiera lograr este objetivo académico.

A mis Hermanos María Angélica Guevara Argueta, Bladimir Guevara Argueta, Saúl Adrián Guevara Argueta y a Rosa Nidia Guevara Argueta que siempre estuvieron pendiente de mí y me apoyaron durante toda mi carrera.

A mi novia que siempre me ayudó en todo lo que podía, para que pudiera alcanzar esta meta.

A mi profesor de matemáticas Alexis Ovidio Claros, ya que con su esfuerzo y dedicación, en Bachillerato obtuve conocimientos que me ayudaron en gran manera en mis estudios universitarios.

A mi asesor de tesis Ing. Rigoberto López, por dedicarnos tiempo, impartir sus conocimientos y dirigirnos en el desarrollo de nuestro trabajo de graduación.

Al consejo superior de becas, ya que con la beca que me brindó la Universidad de El Salvador pude solventar los gastos económicos que se requieren al llevar a cabo mis estudios universitarios.

A mi compañero de Tesis Manuel Antonio Campos y a Dolores Campos Fuentes ya que me apoyaron en gran manera para que pudiera lograr mis objetivos académicos; también a Wilber Emir Argueta Amaya (Q.D.D.G.) un amigo incondicional.

José Edenilson Aranda Argueta.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODO PODEROSO, Por brindarme sabiduría y proveer los medios para lograr alcanzar este triunfo en especial y no desampararme en el transcurso de mi carrera y toda mi vida.

A MIS QUERIDOS PADRES Manuel Néstor Campos Rivera (Q.D.D.G) Y Elena Fuentes de Campos, por confiar y ayudarme cada momento de mi carrera universitaria y por seguir brindándome su apoyo y por guiar cada paso de mi vida.

A MI ABUELA, Elena Nativi, por encomendarme a Dios todo poderoso y al santísimo que me brindara sabiduría para poder conseguir el triunfo y darme su apoyo en cada instante de la carrera.

A MIS HERMANOS, Dolores Emperatriz Campos Fuentes, Yeni Clareth Campos Fuentes, Agustín Ernesto Campos Fuentes, por saber brindarme su apoyo incondicional y darme su apoyo moral que necesitaba en los momentos de dificultad.

A MI ESPOSA Y MI HIJO Mirna Marcela Chávez de Campos y Ezequiel Campos Chávez a quienes agradezco y amo por darme su apoyo incondicional.

A MIS TIOS Mabel fuentes, María de la Paz Campos, Eda Moreira, Norberto Gómez Por brindarme su apoyo en los momentos que más necesite y el apoyo incondicional y la esperanza que tenían de poder ver lograr superar mis metas.

A MIS PRIMOS Juan Carlos Moreira, Sandra Gómez, Hugo Antonio Campos por brindarme su apoyo en los momentos que más necesite y por hacerme ver cuál es la importancia de poder contar con un triunfo de este índole tan especial que es recompensa del esfuerzo.

A MIS DOCENTES Ing. Rigoberto López, Ing. Uvin Zuniga, Ing. Milagro Romero y demás docentes en general por transmitir sus conocimientos para poder darnos una formación adecuada y ser unas personas de utilidad para nuestra sociedad.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑERO DE TESIS, José Edenilson Aranda, Jorge Garay, Carlos Garay, Rabí Campos, Josué Callejas, Sergio Nobles por su apoyo incondicional y estar en ese momento de necesidad y brindarnos esa ayuda. Agradezco a todas las personas que me facilitaron transporte.

Manuel Antonio Campos Fuentes.

INDICE

Pág.

CAPITULO I: MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes	4
1.2 Planteamiento Del Problema	6
1.3 Justificación	8
1.4 Objetivos	10
1.5 Delimitaciones	12
1.5.1 Alcances	12
1.5.2 Limitaciones	12
1.5.3 Resultados Esperados	13
1.6 Marco Metodológico	14

CAPITULO II: GENERALIDADES Y ROL DEL LABORATORIO DE ASFALTO EN LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.

2.1 Introducción	15
2.2 Objetivos	17
2.3 Importancia del laboratorio de asfalto	18
2.4 El laboratorio como herramienta complementaria en asignaturas de la carrera ingeniería civil	19

2.5 Objetivo del laboratorio	20
2.6 Alcances del laboratorio de asfalto	21
2.7 Tipo de laboratorio propuesto	22
2.8 Factores que intervienen en el uso de un laboratorio de asfalto	23
2.8.1 Espacio Físico	23
2.8.2 Recurso Humano	24
2.8.3 Equipo	24

CAPITULO III: MATERIALES PETREOS, EL ASFALTO Y MEZCLAS ASFALTICAS.

3.1 MATERIALES PÉTREOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO	25
3.1.1 Definición de Agregado	25
3.1.2 Minerología	26
3.1.3 Clasificación y Producción de agregados	26
3.1.4 Tipos de agregados	30
3.1.5 Propiedades de los agregados pétreos	31
3.1.6 Acopio y manejo de agregados	33
3.1.7 Importancia del agregado en una mezcla asfáltica	35
3.1.8 Importancia del muestreo y reducción del agregado	36
3.2 ASFALTO	37
3.2.1 Definición de asfalto	37

3.2.2	Historia del asfalto	38
3.2.3	Origen y naturaleza	41
3.2.4	Clasificación y grados de asfalto	46
3.2.5	Propiedades químicas del asfalto	47
3.2.6	Propiedades físicas del asfalto	50
3.3	MEZCLAS ASFÁLTICAS	55
3.3.1	Definición de mezcla asfáltica	55
3.3.2	Clasificación de las mezclas asfálticas	56
3.3.3	Tipología de las mezclas asfálticas	59
3.3.4	Selección de una mezcla asfáltica	62
3.3.5	Métodos de diseño de mezclas asfálticas	65
3.3.5.1	Método Marshall	65
3.3.5.2	Método Superpave	68

CAPITULO IV:

ASPECTOS DE FUNCIONAMIENTO, EQUIPAMIENTOS E INSTALACION.

4.1	Introducción	74
4.2	Objetivos.....	75
4.3	Funcionamiento del Laboratorio de Asfalto	75
4.3.1	Generalidades	75

4.3.2 Etapas del funcionamiento del laboratorio propuesto	77
4.3.2.1 Docencia – Aprendizaje y Servicios a particulares	78
4.3.2.2 Investigación	78
4.3.3 Personal técnico y administrativo propuesto	78
4.4 Ensayos Al Asfalto	79
4.4.1 Destilación de asfaltos líquidos	79
4.4.2 Viscosidad	79
4.4.3 Penetración	80
4.4.4 Punto de Encendido	80
4.4.5 Punto de reblandecimiento o de fusión	81
4.4.6 Ductilidad	82
4.4.7 Pérdida por calentamiento y penetración retenida	83
4.5 Métodos De Diseños De Mezclas Asfáltica En Caliente	84
4.5.1 Generalidades.....	84
4.5.1.1 Definición de mezcla asfáltica	84
4.5.1.2 Evolución de los diseños de mezclas asfálticas en caliente	85
4.5.1.3 Características principales de la mezcla asfáltica	86
4.5.1.3.1 Densidad	87

4.5.1.3.2 Vacíos en el Agregado Mineral VMA	87
4.5.1.3.3 Determinación de Vacíos de Aire VFA	87
4.5.2 Método de diseño marshall	88
4.5.2.1 Metodología	88
4.5.2.2 Propósito metodológico	88
4.5.2.3 Especificaciones de la metodología	88
4.5.3 Ensayos realizados a la mezclas asfálticas en caliente compactada	89
4.5.3.1 Determinación de la gravedad específica bulk	89
4.5.3.2 Gravedad Específica Teórica Máxima	90
4.5.3.3 Análisis de resultados de diseño	90
4.5.3.5 Contenido de asfalto en una mezcla	92
4.5.4 Trabajo de laboratorio para el diseño de la mezcla	93
4.5.5 Compactación de especímenes	93
4.5.6 Gravedad específica bulk	95
4.5.7 Gravedad específica teórica máxima	95
4.5.8 Resistencia al flujo plástico de mezclas bituminosas con equipo Marshall.....	95
4.5.9 Análisis de los resultados de laboratorio	96

4.5.9.1 Análisis de la densidad	96
4.5.9.2 Análisis de la vacíos al aire	97
4.5.9.3 Análisis de vacios en el agregado mineral	97

CAPITULO V: ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO.

ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL LABORATORIO DE ASFALTO.

5.1 Estudio Técnico.....	98
5.1.1 Organización del laboratorio de asfalto y mezclas asfálticas	98
5.1.1.1 Organigrama del recurso humano	99
5.1.1.2 Funciones del personal técnico y administrativo	100
5.1.1.3 Procedimientos básicos para el uso del laboratorio de asfalto.....	102
5.1.2 Administración del laboratorio de asfalto y mezclas asfálticas	105
5.1.3 Aspectos técnicos del proyecto	107
5.1.3.1 Localización optima del proyecto	107
5.1.3.2 Propuesta de instalaciones físicas	108
5.2 Estudio Socioeconómico	110
5.2.1 Costos de construcción e instalación	110
5.2.2 Costos de equipo para ensayos de asfalto y mezclas asfálticas	113

5.3 GUIA DE ENSAYOS AL ASFALTO Y MESCLAS ASFALTICAS	119
5.3.1 Ensayos relacionados a los cementos asfálticos no modificados	121
5.3.1.1 Método de muestreo (ASTM D 140 AASHTO T40-78)	121
5.3.1.2 Muestreo de materiales líquidos en barriles	125
5.3.1.3 Ensayo de la densidad de materiales bituminosos por medio del (método del picnómetro) según norma (ASTM D71-94 AASHTO T 229-97)	128
5.3.1.4 Método de ensayo de penetración (ASTM D5 - AASHTO T49-97)	135
5.3.1.5 Método de ensayo de la mancha (AASHTO T 102-83)	142
5.3.1.6 Método para determinar la ductilidad (ASTM D 113 AASHTO T51-00)	148
5.3.1.7 Método para determinar los puntos de inflamación y combustión mediante la copa abierta de Cleveland (ASTM D1310-01 AASHTO T79-96)	153
5.3.1.8 Método para determinar la viscosidad cinemática (ASTM D 2170 -AASHTO T201-01)	157
5.3.1.9 Método de ensayo para análisis granulométrico de llenante mineral (filler) para mezclas de pavimentos bituminosos	161

5.3.1.10 Método de ensayo de destilación para asfaltos cortados (ASTM D 402 AASHTO T78-96)	166
5.3.2 ENSAYOS A LA MEZCLAS EN CALIENTE	178.
5.3.2.1 Método de muestreo de mezclas (ASTM D 979 AASHTO T168-99)	178
5.3.2.2 Método para análisis granulométrico de áridos provenientes de extracción (AASHTO T 30)	181
5.3.2.3 Método de ensayo para determinar el contenido de ligante asfáltico en mezclas de pavimento (por medio de la centrífuga) –ensayo de extracción	184
5.3.2.4 Método para determinar la densidad máxima de mezclas asfálticas sin compactar (ASTM D 2041)	192
5.3.2.5 Método de ensayo para determinar las propiedades Marshall de las mezclas asfálticas en caliente (compactadas) NORMA: (AASHTO T245-97 A.S.T.M. D 1559)	200
5.3.2.6 Método de ensayo para determinar la gravedad específica teórica máxima de la mezcla sin compactar (gmm) NORMA (A.S.T.M. D 2041/95)	219

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones	226
6.2 Recomendaciones	229
BIBLIOGRAFIA	231

ANEXOS

Planos de Instalaciones físicas del laboratorio.

Manual de equipo de asfalto y mezclas asfálticas.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO III

Figura 3.1 piedras utilizadas en la producción de agregados pétreos	29
Figura 3.2 Acopio de materiales pétreos	34
Figura 3.3 Protección de materiales pétreos	34
Figura 3.4 Lago de asfalto trinidad, Venezuela	42
Figura 3.5 Destilación de crudo de petróleo	44
Figura 3.6 Proceso típico de refinación de petróleo	45
Figura 3.7 Composición química del asfalto	48
Figura 3.8 Cualidades de cada componente del asfalto	49

CAPITULO V

Figura 5.1 Tubo para muestreo	126
Figura 5.2 Tipos de envases desechables	127
Figura 5.3 Equipo Requerido	130

Figura 5.4 picnómetro	131
Figura 5.5 Sumergido en agua	131
Figura 5.6 Pesado del picnómetro	131
Figura 5.7 Equipos requeridos para el ensayo	135
Figura 5.8 Calentamiento del cemento asfaltico	137
Figura 5.9 Agregado del cemento asfaltico fluido en el recipiente	137
Figura 5.10 Recipiente con cemento asfaltico	137
Figura 5.11 Calentamiento del cemento asfaltico	138
Figura 5.12 Muestras de cemento asfaltico en el desecador	138
Figura 5.13 Colocación del cemento asfaltico en recipiente con agua	138
Figura 5.14a Lectura a cero del penetrómetro	140
Figura 5.14b Verificador de lectura del penetrómetro.....	140
Figura 5.14c Colocación del cemento asfaltico con el penetrómetro.....	140
Figura 5.14d Contacto de la aguja del penetrómetro con la superficie.....	140
Figura 5.15a Molde para ductilidad de muestra de ensayo.....	152
Figura 5.15b Molde para ensayo de ductilidad.....	152

Figura 5.16 Equipo a utilizar.....	153
Figura 5.17 Colocación del vaso en el soporte y el termómetro.....	156
Figura 5.18 Equipos requeridos.....	161
Figura 5.19 Toma de muestra.....	163
Figura 5.20 Cuarteo de muestra.....	163
Figura 5.21 Introducción de la muestra en el horno.....	163
Figura 5.22 Peso del material.....	164
Figura 5.23 Vaciado de los tamices.....	164
Figura 5.24 Tamizado correcto de la muestra.....	164
Figura 5.25 Pesada de retenido por el tamiz N° 50.....	166
Figura 5.26 Pesada final del material.....	166
Figura 5.27 Tamizado eléctrico de la muestra.....	166
Figura 5.28 Matraz destilador.....	167
Figura 5.29 Camisa pro.....	168
Figura 5.30 Equipo requerido.....	185
Figura 5.31 Equipo requerido.....	185

Figura 5.32 Equipo requerido.....	185
Figura 5.33 Muestra representativa de material.....	186
Figura 5.34 Cuarteo de la muestra de cemento asfáltico.....	187
Figura 5.35 Peso del material cuarteado.....	188
Figura 5.36 Pesada del filtro.....	188
Figura 5.37 Adición de la muestra en la centrifuga	189
Figura 5.38 Adición del solvente (xileno) a la muestra.....	189
Figura 5.39 Agitación de la mezcla.....	190
Figura 5.40 Extracción del solvente de la centrifuga.....	191
Figura 5.41 Limpieza del filtro.....	191
Figura 5.42 Colocación de la muestra ensaya en tara.....	192
Figura 5.43 Limpieza del plato de la centrifuga.....	192
Figura 5.44 Colocación de filtro y muestra en el horno.....	192
Figura 5.45 Equipo utilizado prensa Marshall de muestras.....	201
Figura 5.46 Equipo de compactación y extractor.....	201
Figura 5.47 Equipos para ensayo Marshall.....	202

Figura 5.48 Tamizado de los agregados.....	205
Figura 5.49 Agregados separados por los diferentes tamices	205
Figura 5.50 Pesada de los agregados	206
Figura 5.51 Adición del C.A. a los agregados	206
Figura 5.52 Mezcla de los agregados y C.A.	206
Figura 5.53 Calentamiento del equipo para compactar la mezcla	206
Figura 5.54 Colocación de papel parafinado en el molde	206
Figura 5.55 Colocación de la mezcla dentro del molde Marshall	207
Figura 5.56 Punción de la muestra	207
Figura 5.57 Aplicación de golpes a la mezcla	207
Figura 5.58 Briquetas en reposo en los moldes	208
Figura 5.59 identificación de briquetas	208
Figura 5.60 Medición de las briquetas	208
Figura 5.61 Peso en el aire de la briqueta	209
Figura 5.62 Briqueta sumergida en agua	209
Figura 5.63 Peso de la briqueta saturada	209

Figura 5.64 Briqueta en baño de maria	211
Figura 5.65 Colocación de Briqueta en la prensa Marshall.....	211
Figura 5.66 Anillo de carga.....	211
Figura 5.67 Sujeción del medidor de deformación.....	212
Figura 5.68 Materiales y equipo para el ensayo.....	220
Figura 5.69 Pesada del frasco vacío.....	221
Figura 5.70 Frasco con agua destilada.....	221
Figura 5.71 Pesada del frasco enrasado con agua.....	222
Figura 5.72 Peso de los agregados de la combinación.....	222
Figura 5.73 Adición del cemento asfaltico a la pesada	222
Figura 5.74 Muestra dejada en reposo.....	223
Figura 5.75 Tamizado de la muestra	223
Figura 5.76 Fracción gruesa y fina tamizada.....	223
Figura 5.77 Vaciado de la mezcla en el frasco.....	224
Figura 5.78 Pesada del frasco, el vidrio y la muestra.....	224
Figura 5.79 Extracción de los vacíos de la mezcla.....	224

Figura 5.80 Extracción de los vacíos de la mezcla.....	224
Figura 5.81 Toma de temperatura de la muestra.....	224
Figura 5.82 Pesada del conjunto	224

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO III

Tabla. 3.1 Requisitos para cemento asfaltico clasificados por viscosidad a 60°C.....	47
Tabla. 3.2 Clasificaciones de las mezclas asfálticas.....	59
Tabla. 3.3 Propósitos de las pruebas de asfaltos superpave.....	71

CAPITULO IV

Tabla 4.1 Valores teóricos según normativa de la gravedad teórica, Bulk.....	92
--	----

CAPITULO V

Tabla 5.1 Cuadro de ubicación de áreas en el laboratorio	109
Tabla 5.2 Cuadro de presupuesto de infraestructura para el laboratorio de asfalto	111
Tabla 5.3 Cuadro de presupuesto de infraestructura para el laboratorio de suelos y Materiales	113
Tabla 5.4 Cotización de equipo de ensayo	115
Tabla 5.5 Tipos de envases, para muestreo	123
Tabla 5.6 Temperatura para fracciones de destilado a distancias altitudes	174
Tabla 5.7 Factor para calcular correcciones de temperatura.....	175
Tabla 5.8 Tamaño de la muestra bituminosa.....	179
Tabla 5.9 Tamaño máximo nominal del agregado.....	188
Tabla 5.10 El tamaño de la muestra de ensayo.....	195

Tabla 5.11 Densidad del agua a distintas temperaturas.....	197
Tabla 5.12 Criterios para aceptabilidad de los resultados de los ensayos de densidad..	199
Tabla 5.13 Especificación por tráfico de diseño.....	208
Tabla 5.14 Datos de peso de briquetas.....	210
Tabla 5.15 Peso mínimo, requerido de la muestra.....	225

INTRODUCCION

A pesar de que la Facultad Multidisciplinaria Oriental es el centro de estudios de mayor demanda en la zona oriental de El Salvador, esta no cuenta con las condiciones necesarias para garantizar una formación profesional que vaya acorde con el desarrollo de nuestro país, el departamento de ingeniería y arquitectura no cuenta con los recursos necesarios para cubrir con los requisitos que exige la carrera de Ingeniería Civil, lo que convierte a la Facultad deficiente en la formación de estudiantes de Ingeniería Civil especializados en el área de Ingeniería de Carreteras.

Se considera importante que la Facultad cuente con servicios de laboratorios siendo indispensables en la enseñanza práctica de la carrera de Ingeniería Civil, es por esta razón se presenta una Propuesta de Implementación del Laboratorio de Asfalto, que facilite la enseñanza del docente, el aprendizaje de los estudiantes y preste servicios a personas y empresas que lo requieran, ya que los estudiantes solo recurren a documentos teóricos que describen los ensayos de laboratorio por la falta de dichas instalaciones.

El uso moderno del mezclas asfálticas para construcciones de carreteras comenzó a finales del siglo XIX, y ha venido evolucionando rápidamente con el surgimiento de la industria automotriz. Desde entonces, la tecnología del asfalto ha dado grandes pasos, hoy en día, los equipos y los procedimientos utilizados para construir estructuras de pavimentos de mezcla asfáltica son bastantes sofisticados. Su mayor protagonismo

reside en la utilización que ha tenido para la construcción de carreteras en todo el mundo. La capacidad que tiene el asfalto para permitir una excelente unión y cohesión entre los agregados, su condición impermeabilizante que hace a la estructura del pavimento escasamente sensible a la humedad, su eficacia para impedir la penetración del agua que proviene de las lluvias, al tiempo que es capaz de resistir la acción de presión y disgregación ocasionadas por las cargas vehiculares, ha logrado que éste producto se haya constituido en el aliado indiscutido en los proyectos de construcción de vías pavimentadas.

Las mezclas asfálticas siendo un material de gran importancia en la construcción civil. Su utilización tiene formas muy variadas, pero es usado principalmente como material para revestir carreteras, impermeabilizar o aislar estructuras.

La mayoría de las obras viales construidas de mezcla asfáltica en caliente de la Zona Oriental del país se han mantenido en mal estado debido a falta de mantenimiento y en gran parte por la falta de experiencia de los ingenieros en la construcción de éstas. Los pavimentos deteriorados están caracterizados por viajes incómodos y por tener malformaciones físicas como grietas, huecos, ahuellamientos, deformaciones y desmoronamientos. Debido a que la construcción y rehabilitación de la infraestructura vial contribuye a la integración territorial de importantes sectores de la población al crecimiento del resto del País; y a la disminución de los índices de pobreza en El Salvador.

El laboratorio de asfalto ayudara a solventar algunas las desventajas que enfrenta la población estudiantil en el aprendizaje y así poder ofertar estudiantes capaces de enfrentar estos desafíos que se van dando en la evolución de construcción de las obras viales en mayor parte al momento de adquirir su primer empleo como ingeniero civil, también vendrá a contribuir como un gran aporte a la investigación científica de la Universidad de El Salvador y también para la sociedad.

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES

En la zona oriental de El Salvador existe muy poca disponibilidad de servicios en cuanto a laboratorio de asfalto se refiere.

A pesar de la importancia académica con que cuenta la Facultad Multidisciplinaria Oriental especialmente en la carrera de Ingeniería Civil con su nuevo plan de estudio creado en el año de 1998, esta nueva implementación permite cursar el cuarto y quinto año en dicha facultad, comenzándose a impartir asignaturas obligatorias y electivas como: Ingeniería de Carreteras, Ingeniería de Pavimentos, Gestión de Pavimentos, Laboratorio de Pavimentos Asfálticos; para la correcta enseñanza de estas asignaturas y de otras nuevas es necesario el uso de un laboratorio de asfalto en el cual se puedan verificar los conocimientos teóricos adquiridos en clases.

Desde el último plan de estudios de la carrera Ingeniería Civil creado en 1998 hasta la fecha, ya han transcurrido 15 años sin poseer un laboratorio de asfalto. Cada año egresan aproximadamente 20 estudiantes de ingeniería civil en la facultad lo que significa que 300 ingenieros salvadoreños se gradúan sin conocer la interfaz entre el nivel conceptual y el nivel práctico en el área tan común como lo es la ingeniería de carreteras.

Debido a las exigencias y a la implementación de las nuevas técnicas empleadas en la construcción en las obras viales, en nuestro país. Las carreteras construidas de mezclas asfálticas incrementa la necesidad de poder presentar este proyecto de implementación del laboratorio de asfalto para que la facultad forme futuros profesionales especializados en esta área de carreteras.

En la Zona Oriental algunas empresas, se han visto obligadas a implementar sus propios laboratorios de asfalto y de cumplir con los requerimientos y especificaciones mínimas para ejecutar proyectos que cumplan las especificaciones técnicas, también de ofrecer los servicios de laboratorio a otras empresas que los necesiten.

En la actualidad algunas instituciones públicas y privadas cuentan con un equipo básico de laboratorio que les permite suplir únicamente sus necesidades, tal es el caso del Ministerio de Obras Públicas (MOP), Fondo de Inversión Vial (FOVIAL), Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador, entre otras. Con la implementación de dicho laboratorio se contribuiría al desarrollo y la calidad de enseñanza de la facultad oriental.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En tiempos que el desarrollo científico y tecnológico se ha alcanzado avances significativos. El Salvador al encontrarse en vías de desarrollo, es difícil comprender que la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador no cuente con las condiciones necesarias para una óptima formación académica específicamente para los estudiantes de la carrera ingeniería civil.

A pesar de que la Facultad Multidisciplinaria Oriental es el centro de estudios de mayor demanda en la zona oriental de El Salvador, esta no cuenta los laboratorios necesarios para la formación de estudiantes de ingeniería civil tales como: el laboratorio de hidráulica, asfalto, y el de suelos y materiales que se encuentra en malas condiciones y con insuficiente equipo; siendo éstos una de las herramientas básicas para el desarrollo de la carrera.

Se considera importante que la Facultad cuente con servicios de laboratorios los cuales son indispensables en la enseñanza práctica de la carrera, en años anteriores se ha abordado este tipo de problemática y se han presentado documentos que exponen la necesidad como fue la elaboración de la propuesta de implementación del Laboratorio de Suelos Y Materiales, dicha propuesta fue presentada hace 12 años la cual no ha sido ejecutada actualmente, continua archivada y el sector estudiantil carece de este laboratorio para las asignaturas de Mecánica de los suelos e Ingeniería de materiales.

Debido a que El Salvador se encuentra en vías de desarrollo y las nuevas técnicas constructivas que se van adoptando en diversas áreas, como en las obras viales, constantemente se están construyendo nuevas carreteras de pavimento asfáltico y es necesario controlar la calidad de los materiales utilizados a través de ensayos técnicos, por lo cual se hace necesario la utilización de equipos, espacio y recurso humano adecuado para la obtención de resultados efectivos. En La construcción con mezclas asfálticas es indispensable contar con profesionales capacitados en realización de experimentos a la materia prima.

Se sabe que la Facultad Multidisciplinaria Oriental a pesar de ser el centro de estudio con mayor demanda no cuenta con un laboratorio de asfalto, lo que convierte a la facultad impotente en la formación de estudiantes especializados en el área de Ingeniería de Carreteras en comparación con otros centros universitarios nacionales.

De acuerdo a las necesidades y demandas que nuestra sociedad exige es necesario presentar la propuesta de la implementación del laboratorio de asfalto, el cual contenga el equipo mínimo necesario para realizar las pruebas básicas; con la implementación futura de dicha propuesta se pretende que los estudiantes de Ingeniería civil de la facultad obtengan una mejor preparación académica y de esta manera lograr como un futuros profesionales capaces de emplearse en esta área; de igual manera se persigue la disponibilidad a la sociedad como apoyo técnico en la realización de ensayos para obtener el aporte económico para el mantenimiento y funcionamiento del Laboratorio.

1.3 JUSTIFICACION

La Facultad Multidisciplinaria Oriental, siendo el centro de mayor porcentaje de la población estudiantil universitaria en la zona oriental, debería proporcionar las condiciones necesarias que garanticen la preparación completa de los estudiantes, no solo en términos teóricos sino también prácticos. La inexistencia del laboratorio de asfalto constituye un estancamiento en la enseñanza y el aprendizaje de aquellos conceptos que para su mayor comprensión requieren del campo experimental, en consecuencia la preparación académica del sector estudiantil se ve desmejorada en las áreas que requieren el uso del laboratorio.

Toda institución de formación profesional de educación pública o privada, que desarrolle la carrera de ingeniería civil debe tener sus correspondientes laboratorios, uno de los más importantes debido a la demanda requerida por el trascendente desarrollo de las obras viales en nuestro país es el laboratorio de asfalto.

El desarrollo y la nuevas técnicas constructivas adquiridas en las obras viales han dado un desarrollo trascendental quedando la Facultad Multidisciplinaria Oriental impotente en la enseñanza en el área Ingeniería de carreteras de este problema surge la necesidad de presentar la propuesta de la implementación del laboratorio de asfalto, una herramienta indispensable para el aprendizaje en las asignaturas, mediante actividades experimentales que permitan al estudiante conocer las bases fundamentales en el desarrollo de nuevas técnicas constructivas en obras viales.

En la actualidad los alumnos que cursan las materias de Ingeniería de Carreteras e Ingeniería de Pavimentos se ven en la necesidad de viajar hasta San Salvador a las instalaciones de Asfalca o al Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador para verificar el desarrollo de algunos ensayos realizados a las mezclas asfálticas en caliente.

Considerando que en el ámbito de la Zona Oriental existe deficiencia en cuanto al control de calidad de los materiales en la construcción de carreteras, se prevé que con la implementación del laboratorio de asfalto se formen profesionales capaces de realizar proyectos viales seguros y económicos.

Debido a la problemática planteada es de gran importancia la implementación del laboratorio de asfalto, que impulse el desarrollo científico dentro de la Facultad y la sociedad y así podamos alcanzar un nivel académico de acuerdo a la exigencia laboral en el área de carreteras.

1.4 OBJETIVOS

General:

- Elaborar la propuesta de implementación del laboratorio de asfalto en la Facultad Multidisciplinaria Oriental, caracterizando infraestructura, equipo necesario para la realización de pruebas básicas de laboratorio, recurso humano y funcionamiento para la prestación de servicios a estudiantes de Ingeniería Civil, profesionales y empresas que lo requieran.

Específicos:

- Elaborar una propuesta del espacio físico que cumpla con los requisitos para la implementación del laboratorio de asfalto en la Facultad Multidisciplinaria Oriental.
- Proponer el equipo necesario y adecuado del laboratorio para el control de calidad de los materiales de las mezclas asfálticas en caliente con sus respectivas especificaciones técnicas.
- Realizar el análisis económico de la propuesta para determinar la factibilidad y funcionabilidad del Laboratorio en la Facultad.

- Presentar una guía de los ensayos realizados a las mezclas asfálticas en caliente.

- Impulsar y Fortalecer la enseñanza con la implementación del laboratorio como medio facilitador de docentes y estudiantes para ampliar conocimientos sobre el control de calidad de las mezclas asfálticas para la construcción de carreteras.

1.5 DELIMITACIONES

1.5.1 ALCANCES.

La realización de este trabajo de investigación implicara los siguientes alcances:

- Detallar las medidas y espaciamentos de la infraestructura física requerida para la instalación del laboratorio, de acuerdo a las condiciones básicas que sean útiles a los estudiantes de Ingeniería Civil.
- Presentar presupuesto y Especificaciones del el equipo necesario para realizar las pruebas básicas a las mezclas asfálticas.
- Realizar una guía de ensayos a las mezclas asfálticas para facilitar la enseñanza y aprendizaje entre docente y estudiantes.
- Proporcionar una herramienta básica para la obtener futuros profesionales especializados en el área de Ingeniería de carreteras.

1.5.2 LIMITACIONES

La propuesta de implementación del laboratorio de asfalto se limita a aspectos de infraestructura, equipamiento básico, organización, funcionamiento y diseño de las instalaciones físicas, la ubicación de las instalaciones se dejara a disposición de las autoridades competentes de la facultad, la solicitud de recursos económicos para la implementación de dicho laboratorio la realizaran las autoridades respectivas.

La parte económica es una de las mayores incidencias para la implementación de dicha propuesta ya que no permite presupuestar equipo más sofisticado y tecnológico, en nuestra propuesta será de acuerdo a la factibilidad de la facultad.

1.5.3 RESULTADOS ESPERADOS

Presentar la propuesta de implementación de laboratorio de asfalto en la Facultad Multidisciplinaria Oriental que sea viable para las condiciones financieras de la Universidad de El Salvador, que contenga diseño del espacio físico, análisis económico, guía de ensayos y detalle del equipo necesario con sus respectivas especificaciones técnicas, plan de mantenimiento y funcionabilidad; para que las autoridades competentes puedan hacer los trámites necesarios para ejecutarla, ya que es una herramienta esencial para la obtención de conocimientos prácticos.

El resultado que se persigue al realizar esta investigación es poder brindar un instrumento o guía metodológica para ser aplicado en asignaturas como: Ingeniería de Carreteras, Ingeniería de Pavimentos, Gestión de Pavimentos, Laboratorio de Pavimentos Asfálticos y otras, que garanticen el vínculo entre conocimientos conceptuales y prácticos, también la formación de profesionales capaces de desempeñarse en el área de Ingeniería de Carreteras.

1.6 MARCO METODOLOGICO.

Para la ejecución del presente estudio se han determinado algunas fases de trabajo centradas en la preparación del proyecto, el trabajo de campo y el trabajo de oficina.

- Recopilación bibliográfica de antecedentes.
- Descripción de la importancia y el rol de desempeño del Laboratorio de asfalto en la Ingeniería Civil.
- Presentación de la información correspondiente al asfalto, mezclas asfálticas y su relación con el Laboratorio.
- Determinar las pruebas básicas realizadas a las mezclas asfálticas y detallar su procedimiento.
- Proponer el equipo para la realización de ensayos con sus respectivas especificaciones técnicas.
- Diseñar la estructura física con los requisitos mínimos establecidos en normas para la construcción de laboratorios de asfalto.
- Elaborar el estudio socioeconómico para la implementación y ejecución de la propuesta.

CAPITULO II

GENERALIDADES Y ROL DEL LABORATORIO DE ASFALTO EN LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.

2.1 Introducción.

Dado las necesidades de profesionales, investigadores, constructores, inspectores y todos aquellos involucrados en el sector vial es necesaria una guía de los ensayos básicos requeridos en el control de calidad en la construcción de los pavimentos de mezcla asfáltica. Esto de acuerdo a especificaciones, disposiciones nacionales e internacionales, normas y procedimientos estándares utilizados para el muestreo y evaluación del comportamiento de los diferentes materiales que componen un pavimento.

La búsqueda del desarrollo, un transporte eficiente de pasajeros, turismo y productos nos impulsa a llevar un mejor control de calidad sobre los materiales con los que se construyen los caminos por donde transitan millones de usuarios diariamente. Es por ello que en las obras viales durante todo su proceso constructivo es de suma importancia verificar las propiedades de cada uno de los materiales empleados y el desempeño de su combinación al conformar las distintas capas del pavimento.

La determinación de las propiedades y desempeño de los materiales se logra a partir de un conjunto de ensayos o pruebas establecidas precisamente para comprobar que dichos materiales funcionen correctamente de acuerdo a rangos, límites y/o valores estándares para condiciones similares o equivalentes. Por otro lado, la caracterización de dichos

materiales se divide en dos campos de la ingeniería: infraestructura civil e infraestructura vial.

Infraestructura civil: caracterización y verificación de las propiedades físico-mecánica de agregados, suelos, rocas, cementos, concretos, acero, bloques, tuberías, etc.

Infraestructura vial: caracterización, verificación e investigación de materiales asfálticos, mezclas asfálticas, aditivos, emulsiones asfálticas, bases granulares, bases estabilizadas y cómo estos se comportan estructuralmente en un pavimento flexible y/o rígido.

Las carreteras en nuestro país son las vías de comunicación terrestre más importante. Esto debido a que la mayor parte de los intercambios comerciales a nivel nacional se lleva a cabo por éstas, además, casi la totalidad de la población salvadoreña se transporta a través de las carreteras que forman parte de la red vial del país.

Sin embargo, a pesar de que las vías de comunicación son importantes, la mayor parte de las carreteras del territorio nacional se encuentran en malas condiciones. Esto se debe principalmente a un mal mantenimiento por parte de las instituciones encargadas de efectuarlo y a esto se le agrega que muchas de las carreteras ya completaron su periodo de vida útil. Muchas veces, este deficiente mantenimiento se debe a la mala aplicación de los métodos y de los materiales que se utilizan.

Debido a estos factores se hace necesario contar con un documento que recopile los principales aspectos que intervienen en el mantenimiento de carreteras con mezcla asfálticas.

Las carreteras son de vital importancia para el desarrollo económico y social de la sociedad salvadoreña; la mayoría están hechas de concreto asfáltico, su desempeño depende de la calidad de los materiales, procesos constructivos y también de un buen diseño. El laboratorio de asfalto es de gran importancia para el desarrollo de la carrera Ingeniería Civil en la Facultad Oriental para fortalecer la formación académica de los futuros ingenieros, debido a que con la ausencia de éste no es posible poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en clases a través de la realización de ensayos.

En este capítulo se mencionan los alcances que tendrá el laboratorio de asfalto siendo estos: Docencia – aprendizaje, prestación de servicios al público e instituciones, e investigación; detallando para ello el tipo de laboratorio propuesto para cumplir con las etapas antes mencionadas.

Es de suma importancia describir los factores necesarios para ofrecer tales servicios que demanda la población estudiantil como también la sociedad en general para que puedan realizar sus pruebas correspondientes.

2.2 Objetivos

- Identificar el Rol que desempeña el Laboratorio de Asfalto en la Carrera Ingeniería Civil.
- Proporcionar una idea general de los aspectos relacionados con el laboratorio de asfalto propuesto.

➤ 2.3 Importancia del laboratorio de asfalto.

Definición de Laboratorio de Asfalto: Es un conjunto de recursos constituidos por: equipo, recursos humano, materiales e instalación orientada a las actividades requeridas para la realización de ensayos y control de calidad de los componentes de las mezclas asfálticas utilizadas para la construcción de obras civiles.

La importancia de los laboratorios tanto en la enseñanza, en la investigación y en la industria es, sin duda alguna, indiscutible. No se puede negar que el trabajo práctico en laboratorio proporciona la experimentación y el descubrimiento y evita el concepto de “resultado correcto” que se tiene cuando se aprenden de manera teórica, es decir, sólo con los datos procedentes de los libros.

Sin embargo, el uso de laboratorios requiere de tiempo adicional al de una clase convencional, por ejemplo, para descubrir y aprender de los propios errores.

En términos generales, un laboratorio es un lugar equipado con diversos instrumentos de medición, entre otros, donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia a la que se enfoque. Dichos espacios se utilizan tanto en el ámbito académico como en la industria y responden a múltiples propósitos, de acuerdo con su uso y resultados finales, sea para la enseñanza o para la investigación.

2.4 El laboratorio de Asfalto como una herramienta complementaria en las asignaturas de la carrera de Ingeniería Civil.

La participación pasiva o activa de los fenómenos naturales o los provocados por el ser humano en todos los campos experimentales, ha enseñado mucho más que las especulaciones teóricas, debido a estas opciones muchos centros de aprendizaje tienden a mejorar sus métodos de aprendizaje introduciendo la experimentación como elemento primordial en la preparación académica.

En la carrera de Ingeniería civil, el laboratorio de asfalto tiene como objetivo ayudar a complementar la información teórica con la práctica de los estudiantes; así como de proporcionar ideas básicas del comportamiento y propiedades de los distintos materiales, asfaltos, mezclas, ligantes, etc. Con pruebas como destilación asfalto, punto de llama, ensayos en mezclas asfálticas, densidad y granulometría de los materiales empleados en la construcción de Carreteras.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, el laboratorio se considera como centro de enseñanza importante a nivel académico, en el cual debe cumplir con su respectivo equipamiento y personal capaz para realizar los análisis y pruebas con el objeto de determinar las características del asfalto y la mezcla asfáltica así como la de los materiales utilizados, así como de conocer el manejo y funcionamiento del equipo.

2.4.1 Asignaturas que requieren uso del laboratorio de Asfalto.

En el desarrollo de la carrera de ingeniería civil, a medida se profundiza en las asignaturas la parte teórica se ve la necesidad del uso de los laboratorios, para estudiar las propiedades físicas y/o mecánicas de los materiales. El aporte del laboratorio fortalece los conocimientos teóricos que se desarrollaron en el transcurso de la carrera.

Las materias que requieren del laboratorio de asfalto según el plan de estudio de la Carrera Ingeniería civil son:

- Ingeniería de Carreteras.
- Ingeniería de Pavimentos.
- Gestión de Pavimentos.
- Pavimentos Rígidos.
- Y otras asignaturas electivas que puedan incluirse con la implementación de dicho laboratorio.

2.5 Objetivo De El Laboratorio.

El objetivo del proyecto del laboratorio de asfalto en la Facultad Multidisciplinaria Oriental es proporcionar apoyo técnico y práctico a la docencia, al aprendizaje e investigación en las asignaturas que contemplan el plan de la carrera de Ingeniería Civil que requieren dicho laboratorio. Proveen las herramientas básicas para la realización de prácticas de laboratorio con el propósito de confirmar los conocimientos teóricos, así como de guías para el uso adecuado de los equipos del laboratorio para inducir a los

estudiantes en la realización de trabajos prácticos, además se espera prestar servicios a las diferentes empresas que lo necesiten para el control de calidad de las mezclas asfálticas en la construcción de carreteras, generando así un aporte económico para el mantenimiento del equipo y funcionalidad del laboratorio.

2.6 Alcances del Laboratorio de Asfalto.

Este laboratorio de Asfalto tendrá dos etapas de funcionamiento.

- Investigación.
- Docencia- Aprendizaje, y servicios a particulares.

La primera etapa involucrada en el desarrollo de la propuesta presentada, se deberá a la demanda requerida por los diferentes sectores involucrados de temas innovadores específicos, para el desarrollo de las nuevas técnicas constructivas en el área de asfaltos.

La segunda será determinada por la demanda estudiantil proyectada en el periodo de diseño y por los profesionales que requieran la prestación de servicio para realizar pruebas al asfalto y mezclas asfálticas.

Para la implementación de servicios de laboratorio se deben considerar aspectos no solo propios de la carrera de Ingeniería Civil, sino también de acuerdo a las necesidades y recursos económicos de la facultad.

Estas etapas involucradas en el funcionamiento del laboratorio según el tipo de actividad realizada y tomando en cuenta la facilidad de operatividad, éste se iniciara para el área

de Docencia – aprendizaje, a fin de formar adecuadamente los acuerdos técnicos, así mismo definiendo la organización necesaria para ello, simultáneamente se prestara apoyo técnico a las empresas que se dediquen a la construcción de obras civiles principalmente en el área de carreteras. De acuerdo al desarrollo practico logrado en esta etapa se buscara fortalecer la primera etapa investigativa, para los temas que lo requieran de mejoramiento en la área de pruebas de asfalto.

2.7 Tipo de Laboratorio Propuesto.

De acuerdo a las condiciones en que la Facultad Multidisciplinaria Oriental se encuentra, de no poseer un presupuesto satisfactorio para cubrir los gastos necesarios en la implementación de un laboratorio que mejoraría el aprendizaje generalizado de la población estudiantil y las instituciones interesadas para el manejo de pruebas de asfalto.

A continuación se describen las características más importantes que tendrá el laboratorio de asfalto propuesto:

- La ubicación será en un lugar cerca de las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Materiales por su estrecha correlación.
- El diseño arquitectónico del laboratorio se hará de acuerdo a la cantidad de equipo propuesto para el desarrollo de los ensayos también que cumpla las normativas correspondientes.

- El laboratorio será de carácter permanente y deberá contar con equipo manual y mecánico para realizar pruebas en campo.
- Las instalaciones deben de cumplir con las normas de seguridad así como de contar con todos los servicios básicos tales como: instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, iluminación y ventilación, espacio libre para desplazarse adecuadamente.

2.8 Factores que intervienen en un Laboratorio de Asfalto.

2.8.1 Espacio físico

El espacio físico debe contener un ambiente agradable para realizar las pruebas, y así se logre obtenerse resultados precisos. El local debe ser adecuado para contar con un equipo en buenas condiciones, el ambiente donde se realicen los ensayos debe estar protegido de las condiciones externas, temperatura adecuada para que estén bien calibrados, sin expuestos al polvo, vapor, viento, iluminación, humedad, ruido; estos equipos deben de contar con un buen mantenimiento apropiado por técnicos especializados en el área. La instalación debe poseer las condiciones necesarias para garantizar la seguridad personal.

2.8.2 Recurso humano,

El personal debe tener la capacidad necesaria, adiestramiento y conocimiento teórico para ejecutar pruebas de manera efectiva.

El personal responsable en el manejo de equipo debe estar en constantes capacitaciones para manejar adecuadamente los equipos y dar cumplimiento con la demanda estudiantil en el desarrollo del aprendizaje y empresas particulares que lo requieran.

2.8.3 Equipo

El laboratorio deberá contar con el equipo mínimo requerido con sus respectivos manuales, guías y especificaciones técnicas para la correcta ejecución de las pruebas.

CAPITULO III:

MATERIALES PETREOS, EL ASFALTO Y MEZCLAS ASFALTICAS.

3.1 MATERIALES PETREOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO.

3.1.1 DEFINICION:

Un **agregado pétreo** se define como cualquier material mineral duro e inerte usado, en forma de partículas graduadas o fragmentos y que forma parte de un pavimento de mezcla asfáltica en caliente o en frío. Conocido también como material granular o agregado mineral.

Los agregados pétreos que se usan tanto en las capas de base granular como para la elaboración de la mezcla asfáltica son: Gravas y arenas.

GRAVAS: Son acumulaciones sueltas de fragmentos de roca que varían en su tamaño entre 4.8 mm y 7.62 cm de diámetro. Si estas son acarreadas por las aguas, tienen forma redondeada. Suele encontrarse en forma suelta en los lechos, en los márgenes y conos de deyección de los ríos, también en depresiones de terreno rellenados conocidas como canteras.

ARENAS: Están formadas por granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, sus partículas varían entre 0.075 mm y 4.8 mm de diámetro. El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. Las arenas estando limpias no sufren

contracciones al secarse, no son plásticas y al aplicárseles carga se comprimen casi instantáneamente.

El agregado constituye entre el 90 y 95% en peso y entre el 75 y 85% en volumen en la mayoría de las estructuras de pavimento. Esto hace que la calidad del agregado usado sea un factor determinante en el comportamiento del pavimento.

3.1.2 MINEROLOGIA.

El término mineral se define como una sustancia de origen natural y composición química definida, que se encuentra en la superficie o la corteza terrestre. Las rocas están formadas por diversas clases de minerales, principalmente por compuestos de sílice (silicatos) y carbonatos. En el lenguaje común, el término mineral significa algo que se extrae del subsuelo por contener minerales valiosos.

3.1.3 CLASIFICACIÓN Y PRODUCCIÓN DE AGREGADOS

Un sistema de clasificación es un ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tienen características y propiedades similares, con el propósito de facilitar al ingeniero un método para estimar las propiedades o aptitudes del mismo.

3.1.3.1 Clasificación por el Tamaño de las Partículas.

De acuerdo al tamaño de las partículas, estos pueden tomar los siguientes nombres

Grava.....entre 3 pulg y el claro de la malla No. 4

Grava Gruesa.....de 3 pulg a $\frac{3}{4}$ pulg. (7.5 cm. a 1.9 cm.)

Grava Fina.....de $\frac{3}{4}$ pulg al claro de la malla No. 4 (1.9 cm. a 4.8 mm.)

Arena.....del claro de la malla No 4 a la malla No. 200 (4.8 a 0.075 mm)

Arena Gruesa.....de la malla No. 4 a la malla No. 10 (4.8 mm a 2.0 mm)

Arena Media.....de la malla No. 10 a la malla No. 40 (2.0 mm a 0.4 mm)

Arena Fina.....de la malla No. 40 a la malla No. 200 (0.4 mm a 0.075 mm)

3.1.3.2 Clasificación de los agregados por su origen

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

3.1.3.2.1 Agregados naturales

Los agregados naturales son aquellos que son usados en su forma natural, con muy poco o ningún procesamiento. Ellos están constituidos por partículas producidas mediante procesos naturales de erosión y degradación, tales como la acción del viento, el agua, y los químicos.

3.1.3.2.2 Agregados procesados

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

3.1.3.2.3 Agregados sintéticos

Los agregados sintéticos o artificiales no existen en la naturaleza. Ellos son el producto del procesamiento físico o químico de materiales. Algunos son subproductos de procesos industriales de producción como el refinamiento de metales. El producto secundario más comúnmente usado es la escoria de alto horno.

3.1.3.3 Producción de agregados

Cuando se trate de arenas o gravas, se deberá tener un cuidado especial al realizar el descapote para no contaminar el agregado. Esto es particularmente importante cuando el suelo superficial contiene arcilla, vegetación, o algún otro material que pueda afectar desfavorablemente el comportamiento del pavimento. Con cierta frecuencia, las operaciones en las excavaciones y canteras deben efectuarse alrededor de lentes de arcilla (depósitos en forma de lente), capas de arcilla esquistosa y otros depósitos de

materiales indeseables que forman parte del depósito de agregado. En este caso la excavación del agregado puede tener que efectuarse a lo largo de un nivel horizontal, o de abajo hacia arriba sobre una cara vertical del depósito, para evitar contaminación del agregado y poder garantizar una graduación uniforme el material que se explota en ocasiones debe ser lavado en lagunas de agua para retirar todo el material innecesario y dañino como las arcillas y materia orgánica. Después de extraerlas rocas de la cantera el material es reducido a un tamaño adecuado y transportado a la trituradora donde se reduce a tamaños según las granulometrías que se estén produciendo, esto se logra mediante unos tamices los cuales retienen las partículas grandes para que sean de nuevo procesados el triturado y tamizado es esencial, ya que se debe evaluar completamente los agregados producidos para verificar si cumplen con los requisitos de calidad y graduaciones establecidas.



Figura 3.1 Piedras utilizadas en la producción de agregados pétreos.

3.1.4 TIPOS DE AGREGADOS

Entre los conceptos más usados relacionados a los agregados se encuentran:

- Agregado Grueso* – Agregado retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4).
- Agregado Fino* – Agregado que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4) y queda retenido en el tamiz de 75 μ m (No. 200).
- Polvo Mineral* – La porción de agregado fino que pasa el tamiz No. 200.
- Relleno Mineral* – Producto mineral finamente dividido en donde más del 70% pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200).
- Agregado de Graduación Gruesa* – Agregado cuya graduación es continua desde tamaños gruesos hasta tamaños finos, y donde predominan los tamaños gruesos.
- Agregado de Graduación Fina* - Agregado cuya graduación es continua desde tamaños gruesos hasta tamaños finos, y donde predominan los tamaños finos.

□ *Agregado Densamente Graduado* – Agregado con una distribución de tamaños de partícula tal que cuando es compactado, los vacíos que resultan entre las partículas, expresados como un porcentaje del espacio total ocupado, son relativamente pequeños.

□ *Agregado de Graduación Abierta* – Agregado que contiene poco o ningún llenante mineral, y donde los espacios de vacíos en el agregado compactado son relativamente grandes.

□ *Agregado Bien Graduado* – Agregado cuya graduación va desde el tamaño máximo hasta el de un llenante mineral con el objeto de obtener una mezcla bituminosa con un contenido de vacíos controlado y alta estabilidad.

3.1.5 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PÉTREOS.

Las propiedades de los pétreos, sean estas físicas o mecánicas, varían con su graduación, su contenido de humedad, su posición vertical con relación a la superficie y su localización geográfica. Los agregados pétreos deben cumplir las siguientes propiedades para ser considerado apropiado para una mezcla asfáltica.

- Gradación y tamaño máximo de partícula.
- Limpieza.
- Dureza
- Forma de la partícula

- Textura de la superficie
- Capacidad de absorción
- Afinidad con el cemento asfáltico

Gradación y tamaño máximo de partícula: Se requiere que las partículas estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño esté presente en ciertas proporciones. Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados son función directa de su granulometría y su determinación es fundamental para establecer su comportamiento mecánico, principalmente cuando se somete a cargas directas.

Limpieza: En los agregados existen materiales indeseables que le restan propiedades y afectan desfavorablemente el comportamiento del pavimento. Dentro de estos se tienen vegetación, arcilla esquistosa, terrones de arcilla, materia orgánica, etc.

Dureza: Los agregados deben ser capaces de resistir la abrasión y degradación durante la producción, colocación y compactación de la mezcla y las exigencias durante la vida de servicio del pavimento.

Forma de la partícula: La forma de la partícula afecta la trabajabilidad de la mezcla, la cantidad de fuerza necesaria para compactarla y la resistencia de la estructura del pavimento. Las partículas irregulares y angulares proporcionan las mejores características.

Textura de la superficie: Es un factor que determina la trabajabilidad, la resistencia final de la mezcla y las características de resistencia al deslizamiento en la superficie del pavimento. Según la textura, los agregados pueden ser rugosos o lisos.

Capacidad de absorción: La capacidad de un agregado de absorber agua o asfalto es un elemento importante de información, pues un agregado poroso requiere mayores cantidades de asfalto que las que requiere un agregado menos poroso.

Afinidad con el cemento asfáltico: Es la tendencia del agregado a aceptar y retener una capa de asfalto.

3.1.6 ACOPIO Y MANEJO DE AGREGADOS

3.1.6.1 ACOPIO DE AGREGADO

Para producir mezclas asfálticas en caliente de alta calidad es esencial tener buenos procedimientos de acopio de materiales. Los agregados retienen su graduación si son adecuadamente almacenados. Cuando el acopio es malo, las partículas de agregado de mayor tamaño se acumulan en la parte inferior de los apilamientos a lo que se le llama segregación, y la graduación varía en los diferentes niveles del acopio.

Deberán prepararse superficies firmes y limpias, y deberán tomarse precauciones para mantener separadas las reservas y así prevenir entremezclado de partículas.



Figura 3.2 Acopio de materiales petreos.

Es recomendable que se cubran los apilamientos usando cubiertas de polietileno o lonas, la cubierta debe colocarse directamente sobre los agregados, fijándola adecuadamente y cubriendo toda la superficie de las pilas, para asegurar la protección contra los elementos naturales como la lluvia.



Figura 3.3 Proteccion de materiales petreos.

3.1.6.2 MANEJO DE AGREGADO.

El manejo de agregado es muy importante ya que las partículas individuales de agregado causan segregación cuando se trata de partículas que presentan diferentes tamaños, por lo tanto, el manejo de agregado debe ser mínimo para poder prevenir cualquier degradación y segregación.

El manejo mínimo incluye apartar el agregado de las reservas para que pueda ser procesado adicionalmente, y para luego ser mezclado en la planta de mezcla en caliente.

3.1.7 IMPORTANCIA DEL AGREGADO EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA.

En el diseño de una mezcla asfáltica en caliente intervienen dos materiales indispensables que son los agregados pétreos y el asfalto; los agregados por su parte son de una gran importancia ya que en una mezcla asfáltica constituyen entre el 90 y el 95 por ciento en peso, y entre el 75 y 85 por ciento en volumen; es de mencionar que la calidad de la mezcla asfáltica depende de la calidad de los materiales constituyentes y la capacidad de carga de la carpeta es proporcionada esencialmente por los agregados, de esto se deriva la importancia de una adecuada selección y manejo de los materiales pétreos que serán utilizados para elaborar una mezcla asfáltica, específicamente en lo que se refiere a una buena distribución granulométrica. Una pequeña variación en el porcentaje de un determinado tamaño de agregado o en las propiedades de éste puede causar cambios significativos en las propiedades de la mezcla elaborada por lo tanto es

necesario llevar un control eficiente de los agregados que se está usando en la planta de producción de mezcla lo cual puede comprender:

- i) Control de calidad del agregado que se produce en la planta trituradora.
- ii) Acopio de agregados.
- iii) Alimentación en frío de agregados.

3.1.8 IMPORTANCIA DEL MUESTREO Y REDUCCIÓN DE AGREGADO

3.1.8.1 IMPORTANCIA DEL MUESTREO DE AGREGADO.

El muestreo es muy importante al igual que la realización de los ensayos, la persona encargada de realizarlos deberá hacerlo de tal manera que la porción de material extraído del acopio de varias toneladas, presente las características y propiedades del agregado en bruto que representa, y además, los buenos procedimientos de control de calidad requieren de varios ensayos durante los procesos de producción, acopio y manejo para:

- ✓ Asegurar que solamente se use material satisfactorio en la mezcla de pavimentación, y
- ✓ Proporcionar un registro permanente como evidencia de que los materiales cumplen con las especificaciones de la obra.

Obviamente, no resulta práctico ensayar todo el agregado que está siendo producido o ensayar todo el contenido del acopio, solo es posible ensayar muestras de estos materiales. La muestra seleccionada debe ser representativa de todo el agregado para que los resultados de los ensayos sean confiables. Por lo tanto, es muy importante utilizar técnicas apropiadas de muestreo (—Muestreo de Agregados, Ensayo No. 1 AASHTO T-2). En el cual se incluye información sobre el peso recomendado de la muestra, con base en el tamaño máximo nominal de la partícula de agregado.

3.2 ASFALTO.

3.2.1 DEFINICION

El asfalto es un material negro, cementante que varía ampliamente en consistencia, entre sólido y semisólido (sólido blando), a temperaturas ambientales normales. Cuando se calienta lo suficiente, el asfalto se ablanda y se vuelve líquido, lo cual le permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de mezcla caliente.

El asfalto, según la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials, ASTM), es un material cementante color café oscuro a negro, en el cual los constituyentes predominantes son los bitumen los cuales existen en la naturaleza o son obtenidos por el procesamiento del petróleo.

El asfalto, también denominado betún, es un material viscoso, pegajoso y de color negro. Se utiliza mezclado con arena o gravilla para pavimentar caminos y como revestimiento impermeabilizante de muros y tejados. En las mezclas asfálticas es usado como aglomerante para la construcción de carreteras, autovías o autopistas. Está

presente en el petróleo crudo y compuesto casi por completo de betún bitumen. El asfalto es una sustancia que constituye la fracción más pesada del petróleo crudo. Se encuentra a veces en grandes depósitos naturales, como en el lago Asfaltites o mar Muerto, lo que se llamó betún de Judea. Su nombre recuerda el Lago Asfaltites (el Mar Muerto), en la cuenca del río Jordán.

En algunos países como Estados Unidos es producido por refinerías modernas de petróleo y es llamado asfalto de petróleo. El grado de control permitido por los equipos modernos de refinería permite la producción de asfaltos con características distintas, que se prestan para usos específicos.

Como resultado, se producen asfaltos para pavimentación y otros usos especiales.

El asfalto usado en pavimentación, generalmente llamado cemento asfáltico, es un material viscoso y pegajoso. Se adhiere fácilmente a las partículas de agregado y por lo tanto es un excelente cemento para unir partículas de agregado en pavimentos. El cemento asfáltico es un excelente material impermeabilizante y no es afectado por los ácidos, los álcalis (bases) o las sales.

3.2.2 HISTORIA DEL ASFALTO.

El asfalto es un componente natural de la mayor parte de los petróleos. La palabra asfalto, deriva del acadio, lengua hablada en Asiría, en las orillas del Tigris Superior, entre los años 1400 y 600 A.C. en esta zona se encuentra en efecto la palabra “Sphalto” que significa “lo que hace caer”. Luego la palabra fue adoptada por el griego, paso a

latín y, más adelante, al francés (asphalte), al español (asfalto) y al inglés (asphalt). Estudios arqueológicos, indican que es uno de los materiales más antiguo que el hombre ha utilizado.

En el sector de la construcción, la utilización más antigua se remonta aproximadamente al año 3200 A.C. excavaciones efectuadas en Tell Asmer, a 80 km al noroeste de Bagdad, permitieron constatar que los Sumerios habían utilizado un mastic de asfalto para la construcción, dicho mastic, compuesto por betún, finos materiales y paja, se utilizaba en la pega de ladrillos, en la realización de pavimentos interiores y como revestimiento impermeable. Los egipcios le habían encontrado otra aplicación al betún, como relleno del cuerpo en trabajos de momificación, práctica que se extiende aproximadamente hasta el año 300 A.C. Los árabes desarrollaron un uso medicinal al asfalto, el cual se extendió a nuestra época.

El betún natural fue descubierto a mediados del siglo XVI, en la isla de Trinidad, por Cristóbal Colon, un siglo más tarde. Sir Walter Raleigh quedó asombrado ante este lago de betún y tomó posesión de él para la Corona Británica. Mientras tanto, en 1712, el griego Eirini D'Eyrinis hizo otro descubrimiento: el yacimiento de asfalto de Val de Travers en Suiza y luego el yacimiento de Seyssel en el Valle de Ródano, a partir de estos yacimientos se elaboró el “mastic del asfalto”, aplicado a revestimientos de caminos y senderos.

Sin embargo, el primer antecedente en el cual se usó un tipo de asfalto fue en Francia en 1802. En 1824, la firma Pillot et Eyquem comenzó a fabricar adoquines de asfalto, que

en 1837 se utilizaron para pavimentar la plaza de la Concordia y los Campos Eliseos en Paris. En 1852, la construcción de la carretera de Paris- Perpiñan utilizó el asfalto Val Travers, significando el comienzo de una nueva forma de construcción vial. En 1869, se introduce el procedimiento en Londres (con asfalto de Val de Travers), y en 1870 en Estados Unidos con similar ligante. Desde esta época, el “asfalto” se implantó sólidamente en las vías urbanas y propició su uso vial. La construcción del primer pavimento, tipo sheet Asphalt, ocurre en 1876 en Washington D.C., con asfalto natural importado. En 1900, aparece la primera mezcla en caliente en la Rue Du Louvre y en la Avenue Victoria en Paris. La cual fue confeccionada con asfalto natural de la isla de Trinidad. A partir del año 1902, se inicia el empleo de asfaltos destilados de petróleo en los Estados Unidos, que por sus características de pureza y economía en relación a los asfaltos naturales, constituye en la actualidad la principal fuente de abastecimiento. Finalmente en México, desde 1920, se han realizado diversas pruebas con varios materiales para ser utilizados en riegos superficiales y profundos. Las emulsiones asfálticas se utilizaron por primera vez en las carreteras en los años treinta, pero fue hasta los años setenta cuando debido a la crisis energética, se incrementan los estudios de este tipo de materiales asfálticos llamados emulsiones.

3.2.3 ORIGEN Y NATURALEZA.

A veces existe confusión acerca del origen del asfalto, pero en general, el asfalto es un cementante que ha sido utilizado desde hace muchos siglos en actividades de obras civiles, entre estas la construcción de carreteras.

Al respecto, arqueólogos han documentado el uso de asfaltos como un adhesivo o material impermeabilizante en el Valle de Éufrates, cuatro mil años antes de Cristo, el uso del mismo en Babilonia durante el reinado de Nabucodonosor; es por ello que en épocas pasadas el asfalto que se utilizó fue el natural; el cual se encuentra en la naturaleza en forma de yacimientos que pueden explotarse sin dificultad y cuyo empleo no requiere de operaciones industriales de ningún tipo para su preparación.

Estos yacimientos se han producido a partir del petróleo por un proceso natural de evaporación de las fracciones volátiles dejando las asfálticas. A este asfalto se le llama frecuentemente asfalto de lago.

Uno de los yacimientos más importantes de asfaltos naturales se encuentra en los lagos de Trinidad, en la isla de Trinidad en la costa norte de Venezuela. Casi siempre se encuentran en las rocas asfálticas, que son rocas porosas saturadas de asfalto.



Figura 3.4 Lago de Asfalto Trinidad, Venezuela.

Sin embargo, se puede obtener artificialmente como producto de la refinación, donde las cantidades de asfalto residual varían según las características del crudo; pudiendo oscilar entre el 10 y el 70%. Este asfalto se produce en una variedad de tipos y grados que van desde sólidos duros y quebradizos a líquidos casi tan fluidos como el agua. Esto se debe a que el asfalto es usado para muchos propósitos.

Los asfaltos más utilizados en el mundo hoy en día, son los derivados de petróleo, los cuales se obtienen por medio de un proceso de destilación industrial del crudo. Representan más del 90 % de la producción total de asfaltos. La mayoría de los petróleos crudos contienen algo de asfalto y a veces casi en su totalidad.

Refinación del Petróleo: El crudo de petróleo es refinado por destilación. Este es un proceso en el cual las diferentes fracciones (productos) son separadas fuera del crudo por medio de un aumento, en etapas, de la temperatura. Las diferentes fracciones se separan a diferentes temperaturas.

Las fracciones livianas se separan por destilación simple. Los destilados más pesados, usualmente llamados gasóleos, pueden ser separados solamente mediante una combinación de calor y vacío. El asfalto puede ser producido usando destilación por vacío a una temperatura aproximada de 480°C (900°F). Esta temperatura puede variar un poco, dependiendo del crudo del petróleo que se esté refinando, o del grado de asfalto que se esté produciendo.

Refinación del Asfalto Diferentes usos requieren diferentes tipos de asfalto.

Los refinadores de crudo deben tener maneras de controlar las propiedades de los asfaltos que producen, para que estos cumplan ciertos requisitos.

Esto se logra, usualmente, mezclando varios tipos de crudos de petróleos antes de procesarlos. El hecho de poder mezclar permite al refinador combinar crudos que contienen asfaltos de características variables, para que el producto final posea exactamente las características solicitadas por el usuario.

Existen dos procesos por los cuales puede ser producido el asfalto, después de que se han combinado los crudos de petróleo: destilación por vacío y extracción con solventes.

La destilación por vacío consiste en separar el asfalto del crudo mediante la aplicación de calor y vacío. En el proceso de extracción con solventes, se remueven más gasóleos del crudo, dejando así un asfalto residual.

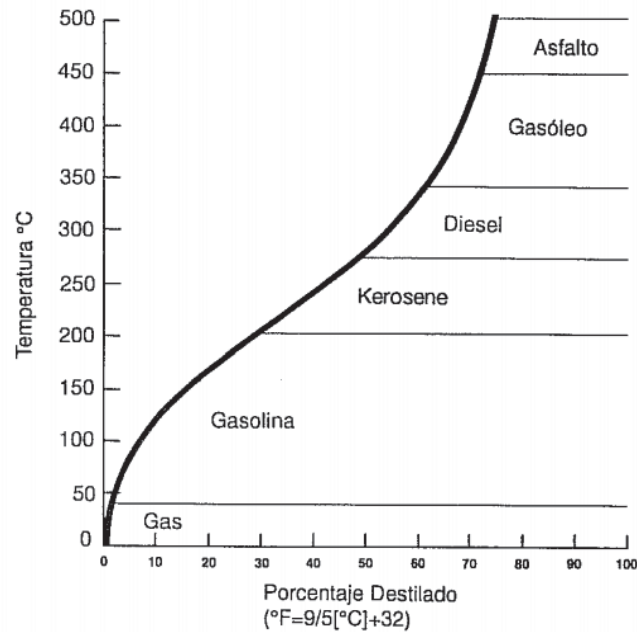


Figura 3.5 Destilación de crudo de Petróleo

Una vez que los asfaltos han sido procesados, estos pueden ser mezclados entre sí, en ciertas proporciones, para producir grados intermedios de asfalto.

Es así como un asfalto muy viscoso y uno menos viscoso pueden ser combinados para producir un asfalto de viscosidad intermedia.

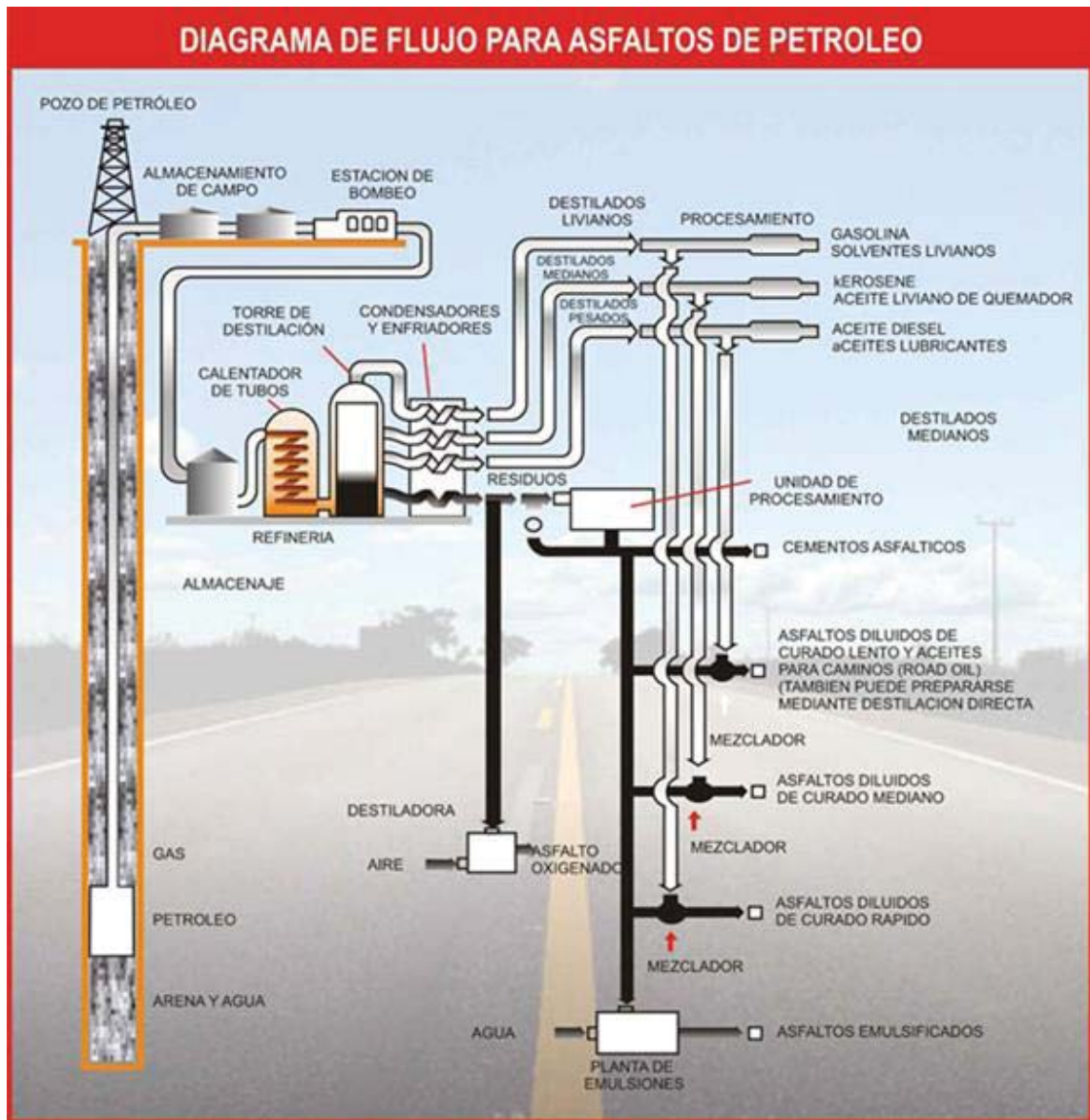


Figura 3.6 Proceso Típico de Refinación De Petróleo

En resumen para producir asfalto con características específicas, se usa el crudo de petróleo o mezclas de crudo de petróleos. El asfalto es separado de las otras fracciones del crudo por medio de destilación por vacío o extracción con solventes.

3.2.4 CLASIFICACIÓN Y GRADOS DE ASFALTO.

Los asfaltos de pavimentación pueden clasificarse bajo tres tipos generales:

- Cemento asfáltico
- Asfalto diluido (o cortado); y
- Asfalto emulsionado

Los cementos asfálticos se clasifican en tres sistemas diferentes que son:

- Viscosidad.
- Viscosidad después de envejecimiento.
- Penetración.

Cada sistema contiene diferentes grados, cada uno con diferentes grados de consistencia.

El sistema más usado en Estados Unidos está basado en la viscosidad del asfalto. El cuadro 1 muestra el sistema en forma de tablas, algunas de las agencias hoy día, han modificado los parámetros del sistema para poder cumplir con necesidades específicas.

A continuación se muestra un cuadro con los requisitos para cementos asfálticos clasificados por viscosidad a 60° C.

**REQUISITOS PARA CEMENTO ASFALTICO CLASIFICADO POR
VISCOSIDAD A 60° C**

(Clasificación basada en asfalto original)

PRUEBA	GRADO DE VISCOSIDAD					
	AC- 2.5	AC- 5	AC - 10	AC - 20	AC - 30	AC - 40
Viscosidad, 60° poises	250-50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
Viscosidad 135° Cs-mínima	125	175	250	300	350	400
Penetración, 25° C 100 g.,5 segundos - mínimo	220	140	80	60	50	40
Punto inflamador, cleveland. °C(°F)-mínimo	163(325)	177(350)	219(425)	232(450)	232(450)	232(450)
Solubilidad en tricloroetileno, por cierto-mínimo	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Pruebas sobre el residuo del ensayo TFO:						
Perdida por calentamiento, porciento-maximo (opcional) ³		1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60° C, poises - máximos	1000	2000	4000	8000	12000	16000
Ductilidad, 25° C, 5 cm por minuto, cm mínimo	100 ¹	100	75	50	40	25
Prueba de mancha (cuando y como se especifique) ² con :						
Solvente normal de nafta	Negativo para todos los grados					
Solvente de nafta -xileno, % xileno	Negativo para todos los grados					
Solvente de heptano-xileno, % xileno	Negativo para todos los grados					

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en caliente del Asphalt Institute. Serie de Manuales N° 22 (MS-22).

Tabla 3.1. Requisitos para cemento asfaltico clasificados por viscosidad a 60° C.

3.2.5 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ASFALTO

El asfalto tiene propiedades químicas únicas que lo hace muy versátil como material de construcción de carreteras. Los expertos en asfalto y los diseñadores de pavimento han aprendido a identificar y a caracterizar estas propiedades y a usarlas, dentro de la estructura del pavimento, en la forma más ventajosa posible.

Debe observarse que ninguna de las pruebas que se describen en el cuadro 1. para la clasificación del asfalto por viscosidad, menciona la composición química. Esto puede parecer sorprendente, debido a que la composición química es ciertamente uno de los medios usados, más precisos, para identificar las propiedades de cualquier sustancia. Sin

embargo, existen varias razones por las cuales la química no ha llegado a ser parte de los sistemas de clasificación:

- Los ensayos existentes para analizar composición química requieren de equipos sofisticados y pericia técnica que no está disponible en la mayoría de los laboratorios donde se hacen pruebas de asfalto.
- La relación entre la composición química del cemento asfáltico y su comportamiento en la estructura del pavimento es todavía incierta.

Básicamente, el asfalto está compuesto por varios hidrocarburos (combinaciones moleculares de hidrógeno y carbono) y algunas trazas de azufre, oxígeno, nitrógeno y otros elementos.

El asfalto, cuando es disuelto en solvente como el heptano, puede separarse en dos partes principales: asfaltenos y maltenos, como se presenta en la figura 3.6, una clasificación en forma esquemática de su composición química.



Figura 3.7 Composición química del asfalto.

Los asfáltenos no se disuelven en el heptano. Los asfáltenos una vez separados de los máltenos son usualmente de color negro o pardo oscuro y se parecen al polvo grueso de grafito. Los asfáltenos le dan al asfalto su color y dureza. Los máltenos se disuelven en el heptano. Son líquidos viscosos compuestos de resinas y aceites. Las resinas son, por lo general, líquidos pesados de color ámbar o pardo oscuro, mientras que los aceites son de color más claro.

Las resinas proporcionan las cualidades de adhesivas (pegajosidad) en el asfalto, mientras que los aceites actúan como un medio de transporte para los asfáltenos (parte solida) y las resinas como se observa en la figura 3.7. La proporción de asfáltenos y máltenos en el asfalto puede variar debido a un sinnúmero de factores, incluyendo altas temperaturas, exposición a la luz y al oxígeno, tipo de agregado usado en la mezcla de pavimento, y espesor de la película de asfalto en las partículas de agregado.

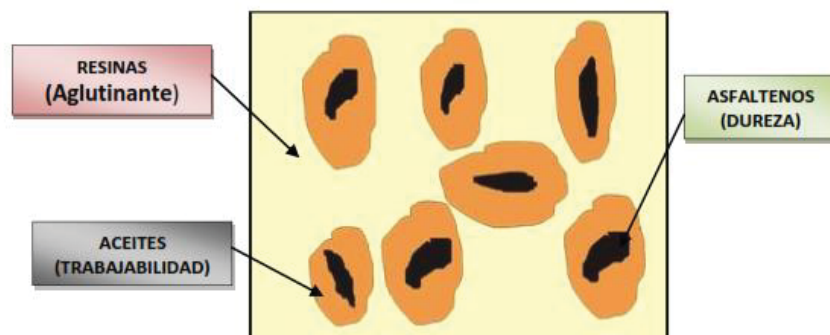


Figura 3.8 Cualidades de cada componente del asfalto.

Las reacciones y cambios que pueden ocurrir incluyen: evaporación de los compuestos más volátiles, oxidación (combinación de moléculas de hidrocarburo con moléculas de oxígeno), polimerización (combinación de dos o más moléculas para formar una sola molécula más pesada), y otros cambios químicos que pueden afectar considerablemente las propiedades del asfalto.

Las resinas se convierten gradualmente en asfaltenos, durante estas reacciones, y los aceites se convierten en resinas, ocasionando así un aumento de la viscosidad del asfalto.

3.2.6 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO.

Las propiedades físicas del asfalto, de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras son: durabilidad, adhesión, susceptibilidad a la temperatura, envejecimiento y endurecimiento.

a) Durabilidad

Durabilidad es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento, y por consiguiente es difícil de definir solamente en términos de las propiedades del asfalto. Esto se debe a que el comportamiento del pavimento está afectado por el diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción, y otras variables, que incluyen la durabilidad del asfalto.

Sin embargo, existen pruebas rutinarias usadas para evaluar la durabilidad del asfalto. Estas son la Prueba de Película Delgada en Horno (TFO) y la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO) ambas incluyen el calentamiento de películas delgadas de asfalto.

b) Adhesión y Cohesión

Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

El ensayo de ductilidad no mide directamente la adhesión o la cohesión; más bien, examina una propiedad del asfalto considerada por alguna como relacionada con la adhesión y cohesión. En consecuencia, es del tipo “clasifica no clasifica”, y solo puede indicar si la muestra es o no, lo suficiente dúctil para cumplir con los requisitos mínimos.

c) Susceptibilidad a la Temperatura

Todos los asfaltos son termoplásticos; esto es, se vuelven más duros (mas viscosos) a medida que su temperatura disminuye, y más blandos (menos viscosos) a medida que su temperatura aumenta. Esta característica se conoce como susceptibilidad a la temperatura, y es una de las propiedades más valiosa en un asfalto. La susceptibilidad a la temperatura varía entre asfaltos de petróleo de diferente origen, aun si los asfaltos tienen el mismo grado de consistencia.

d) Endurecimiento y Envejecimiento

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

El asfalto se encuentra a altas temperaturas y en películas delgadas mientras esta revistiendo las partículas de agregado durante el mezclado. Esto hace que la oxidación y el endurecimiento más severo ocurran en esta etapa del mezclado.

e) Pruebas para Determinar las Propiedades del Cemento Asfáltico.

Esta sección describe, en términos generales, las pruebas necesarias para determinar y medir las siguientes propiedades: viscosidad, penetración, punto de inflamación, endurecimiento y envejecimiento, ductilidad, solubilidad y peso específico.

f) Viscosidad

Las especificaciones de los trabajos de pavimentación requieren, generalmente, ciertos valores de viscosidad a temperatura de 60°C (140°F) y 135°C (275°F). La viscosidad a 60°C (140°F) es la viscosidad usada para clasificar el cemento asfáltico. Ella representa la viscosidad del cemento asfáltico a la temperatura más alta que el pavimento puede llegar a experimentar durante su servicio. La viscosidad de 135°C (275°F) corresponde, aproximadamente, a la viscosidad del asfalto durante el mezclado y la colocación. El

conocer la consistencia de un asfalto dado a estas dos temperaturas ayuda a determinar si el asfalto es apropiado o no para el pavimento que está siendo diseñado.

g) Penetración

El ensayo de penetración es otra medida de consistencia. La prueba está incluida en las especificaciones basadas en viscosidad para impedir que sean utilizados los cementos asfálticos que tengan valores inapropiados de penetración a 25°C (77°F).

h) Punto de Inflamación

El punto de inflamación de un cemento asfáltico es la temperatura más baja a la cual se separan los materiales volátiles de la muestra, y crean un “destello” en presencia de una llama abierta. El punto de inflamación no debe ser confundido con el punto de combustión, el cual es la temperatura más baja a la cual el cemento asfáltico se inflama y se quema.

i) Prueba de la Película Delgada en Horno (TFO) y Prueba de la Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO).

Estas pruebas no son verdaderas pruebas. Solamente son procedimientos que exponen una muestra de asfalto a condiciones que aproximan a las ocurridas durante las operaciones de planta de mezclado caliente.

Las pruebas de viscosidad y penetración efectuadas sobre las muestras obtenidas después de los ensayos de TFO y RTFO, son usadas para medir el endurecimiento anticipado, del material, durante la construcción y durante el servicio del pavimento.

j) Ductilidad

La ductilidad es una medida de cuanto puede ser estirada una muestra de asfalto antes de que se rompa en dos. La ductilidad es medida mediante una prueba de “extensión” en donde una probeta de cemento asfáltico es extendida o estirada a una velocidad y a una temperatura específica. El estiramiento continúa hasta que el hilo de cemento asfáltico se rompe. La longitud del hilo de material en el momento del corte se mide en centímetros y se denomina ductilidad de la muestra.

k) Solubilidad

El ensayo de solubilidad es un procedimiento para medir la pureza de un cemento asfáltico. Una muestra es sumergida en un solvente (tricloroetileno) en donde se disuelven sus componentes cementantes activos. Las impurezas como las sales, el carbono libre y los contaminantes inorgánicos, no se disuelven sino que se depositan en forma de partículas. Estas impurezas insolubles son luego filtradas fuera de la solución y medidas como una proporción de la muestra original.

l) Peso Específico

El peso específico es la proporción del peso de cualquier volumen de material al peso de un volumen igual de agua, ambos a una temperatura determinada. Como ejemplo, una sustancia con un peso específico de 1.6 pesa 1.6 veces más que el agua.

El peso específico de un cemento asfáltico no se indica, normalmente, en las especificaciones de la obra. De todas maneras, hay dos razones importantes por las cuales se debe de conocer el peso específico del cemento asfáltico usado:

- ✓ El asfalto se expande cuando es calentado y se contraen cuando es enfriado. Esto significa que el volumen dado de una cierta cantidad de cemento asfáltico será mayor a altas temperaturas. Las medidas de peso específico proveen un patrón para efectuar correcciones de temperatura– volumen.
- ✓ El peso específico de un asfalto es esencial en la determinación del porcentaje de vacíos (espacios de aire) de un pavimento compactado.

3.3 MEZCLAS ASFALTICAS

3.3.1 DEFINICIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA.

La mezcla asfáltica, es material que está formada por una combinación de agregados pétreos, ligante asfáltico, y aditivo en algunos casos; de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua de éste.

Las mezclas asfálticas se utilizan en la construcción de carreteras, aeropuertos, pavimentos industriales, entre otros. Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90% de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico. Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el correcto funcionamiento de la carpeta de

rodadura y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto. El ligante asfáltico y el polvo mineral son los dos elementos que más influyen tanto en la calidad de la mezcla asfáltica como en su costo total.

Existen tres métodos de diseño utilizados para determinar las proporciones adecuadas de asfalto y agregados. Ellos son el Método Marshall y el Método Hveem, actualmente el método que se utiliza en EEUU es el método SUPERPAVE ya que se considera que la metodología de diseño está basada en pruebas más reales y científicas y no empíricas como las del método Marshall; debido a las condiciones económicas los países como el nuestro se sigue utilizando es el método Marshall.

3.3.2 CLASIFICACIONES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS.

Existen varios parámetros de clasificación para establecer las diferencias entre las distintas mezclas y estas pueden ser diversas:

a) Por Fracciones de agregado pétreo empleado.

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

b) Por la Temperatura de puesta en obra.

- ✓ Mezclas asfálticas en Caliente: Se fabrican con asfaltos a unas temperaturas elevadas, en el rango de los 150 grados centígrados, según la viscosidad del ligante,

se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos. La puesta en obra se realiza a temperaturas muy superiores a la ambiente, pues encaso contrario, estos materiales no pueden extenderse y menos aún compactarse adecuadamente.

- ✓ Mezclas asfálticas en Frío: El ligante suele ser una emulsión asfáltica(debido a que se sigue utilizando en algunos lugares los asfaltos fluidificados), y la colocación en obra se realiza a temperatura ambiente.

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

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

- ✓ Mezclas Cerradas o Densas: La proporción de vacíos no supera el 6 %.
- ✓ Mezclas Semi – cerradas o Semi – densas: La proporción de vacíos está entre el 6 % y el 10 %.
- ✓ Mezclas Abiertas: La proporción de vacíos supera el 12 %.
- ✓ Mezclas Porosas o Drenantes: La proporción de vacíos es superior al 20%.

d) Por el Tamaño máximo del agregado pétreo.

- ✓ Mezclas Gruesas: Donde el tamaño máximo del agregado pétreo excede los 10 mm.

- ✓ Mezclas Finas: También llamadas micro aglomerado, pueden denominarse también morteros asfálticos, pues se trata de mezclas formadas básicamente por un árido fino incluyendo el polvo mineral y un ligante asfáltico.

e) Por la Estructura del agregado pétreo.

- ✓ Mezclas con Esqueleto mineral: Poseen un esqueleto mineral resistente, su componente de resistencia debida al rozamiento interno de los agregados es notable. Ejemplo, las mezclas abiertas y los que genéricamente se denominan concretos asfálticos, aunque también una parte de la resistencia de estos últimos, se debe a la masilla.

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

f) Por la Granulometría.

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

En el siguiente cuadro se muestran resumidas las clasificaciones de las mezclas asfálticas antes descritas:

Clasificaciones de las Mezclas Asfálticas.

PARAMETROS DE CLASIFICACION	TIPO DE MEZCLA
Fracciones de agregado empleadas.	Masilla
	Mortero
	Concreto
	Macadam
Temperatura de puesta en obra	En Frio
	En Caliente
Huecos en la mezcla (h)	Cerradas ($h < 6\%$)
	Semicerrada ($6\% < h < 12\%$)
	Abiertas ($h > 12\%$)
	Porosa ($h > 20\%$)
Tamaño máximo del agregado	Gruesas (t máx. > 10 mm)
	Finas (t máx. < 10 mm)
Estructura del agregado	Con esqueleto mineral
	Sin esqueleto mineral
Granulometría	Continuas
	Discontinuas

FUENTE: Publicación Técnica No 299 "Mezclas Asfálticas". Sanfandila, Qro. 2006 Secretaria de Comunicaciones y Transporte (S.C.T)

Tabla 3.2 Clasificaciones de las mezclas asfálticas.

3.3.3 TIPOLOGÍA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.

3.3.3.1 Mezcla Asfáltica en Caliente.

Constituye el tipo más generalizado de mezcla asfáltica y se define como mezcla asfáltica en caliente la combinación de un ligante hidrocarbonado, agregados incluyendo el polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del agregado queden muy bien recubiertas por una película homogénea de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los agregados (excepto, eventualmente, el polvo mineral de aportación) y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la ambiente.

Se emplean tanto en la construcción de carreteras, como de vías urbanas y aeropuertos, se utilizan tanto para capas de rodadura como para capas inferiores de los pavimentos.

Existen a su vez subtipos dentro de esta familia de mezclas con diferentes características. Se fabrican con asfaltos aunque en ocasiones se recurre al empleo de asfaltos modificados, las proporciones pueden variar desde el 3% al 6% de asfalto en peso de agregados pétreos.

3.3.3.2 Mezcla Asfáltica en Frío.

Son las mezclas fabricadas con emulsiones asfálticas, y su principal campo de aplicación es en la construcción y en la conservación de carreteras secundarias.

Para retrasar el envejecimiento de las mezclas abiertas en frío se suele recomendar el sellado por medio de lechadas asfálticas. Se usan además en las bases y capas intermedias, su mayor utilidad está en el mantenimiento, llámese reciclado, microaglomerados o estabilización.

Se caracterizan por su trabajabilidad tras la fabricación incluso durante semanas, la cual se debe a que el ligante permanece un largo periodo de tiempo con una viscosidad baja debido a que se emplean emulsiones con asfalto fluidificado: el aumento de la viscosidad es muy lento en los acopios, haciendo viable el almacenamiento, pero después de la puesta en obra en una capa de espesor reducido, el endurecimiento es relativamente rápido en las capas ya extendidas debido a la evaporación del fluidificante.

Existe un grupo de mezclas en frío, el cual se fabrica con una emulsión de rotura lenta, sin ningún tipo de fluidificante, pero es menos usual, y pueden compactarse después de haber roto la emulsión.

El proceso de aumento paulatino de la resistencia se le suele llamar maduración, que consiste básicamente en la evaporación del agua procedente de la rotura de la emulsión con el consiguiente aumento de la cohesión de la mezcla.

3.3.3.3 Mezcla Porosa o Drenante.

Se emplean en capas de rodadura, principalmente en las vías de circulación rápida, se fabrican con asfaltos modificados en proporciones que varían entre el 4.5 % y 5 % de la masa de agregados pétreos; con asfaltos normales, se aplican en vías secundarias, en vías urbanas o en capas de base bajo los pavimentos de hormigón.

Utilizadas como mezclas en caliente para tráficos de elevada intensidad y como capas de rodadura en espesores de unos 4 cm., se consigue que el agua lluvia caída sobre la calzada se evacue rápidamente por infiltración.

3.3.3.4 Microaglomerados.

Son mezclas con un tamaño máximo de agregado pétreo limitado inferior a 10 mm., lo que permite aplicarlas en capas de pequeño espesor. Tanto los microaglomerados en Frío (se le suele llamar a las lechadas asfálticas más gruesas) como los microaglomerados en Caliente son por su pequeño espesor (que es inferior a 3 cm.) tratamientos superficiales con una gran variedad de aplicaciones.

Tradicionalmente se han considerado adecuados para las zonas urbanas, porque se evitan problemas con las alturas libres de los gálibos y la altura de los bordillos debido a que se extienden capas de pequeño espesor.

Hay microaglomerados con texturas rugosas hechas con agregados pétreos de gran calidad y asfaltos modificados, para las vías de alta velocidad de circulación.

3.3.4 SELECCIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA.

En muchas ocasiones, el proyecto de una mezcla asfáltica se reduce a determinar su contenido de ligante, sin embargo, esa es solo la última fase de un proceso más amplio, que requiere de un estudio cuidadoso de todos los factores involucrados, a fin de garantizar un comportamiento adecuado de la mezcla y un considerable ahorro económico en la solución.

Las fases de las que consta el proyecto de una mezcla son las siguientes:

- a) Análisis de las condiciones en las que va a trabajar la mezcla: tráfico, tipo de infraestructura (carretera, vía urbana, aeropuerto, etc.), la capa de la que se trata (rodadura, intermedia o base) y espesor, naturaleza de las capas subyacentes, intensidad del tráfico pesado, clima, etc. Asimismo, hay que distinguir si se trata de un pavimento nuevo o de una rehabilitación.
- b) Determinación de las propiedades fundamentales que ha de tener la mezcla, dadas las condiciones en las que ha de trabajar. Debe establecerse la resistencia a las deformaciones plásticas o la flexibilidad, entre otras.

c) Elección del tipo de mezcla que mejor se adapte a los requerimientos planteados, incorporando en este análisis las consideraciones económicas o de puesta en obra que haya que considerar.

d) Materiales disponibles, elección de los agregados pétreos, los cuales deben cumplir con determinadas especificaciones, pero que en general serán los disponibles en un radio limitado y, por lo tanto, a un costo razonable. Asimismo, hay que elegir el polvo mineral de aportación.

e) Elección del tipo de ligante: asfalto, asfalto modificado, emulsión asfáltica, el costo es siempre un factor muy relevante, pero depende de la función de la capa y de las condiciones del entorno.

f) Dosificación o determinación del contenido óptimo de ligante según un proceso que debe adaptarse al tipo de mezcla, la cual debe hacerse para distintas combinaciones de las fracciones disponibles del agregado pétreo, de manera que las granulometrías conjuntas analizadas estén dentro de un huso previamente seleccionado.

g) Otros factores a tener en cuenta en el diseño y selección de una mezcla asfáltica son los siguientes: exigencias de seguridad vial, estructura del pavimento, técnicas de diseño y ejecución, sitio de construcción del pavimento (topografía, temperatura, terreno, periodo de lluvias trazado de la vía, entre otros), condiciones de drenaje, consideraciones económicas.

Para realizar el proyecto de una mezcla asfáltica que se empleará en un determinado pavimento, existe una gama amplia de posibles soluciones, para esto se hace necesario

un estudio muy riguroso y detenido, para elegir el diseño más adecuado técnica y económicamente.

Existen también principios que se aplican de acuerdo con las siguientes reglas:

a) Tipo de mezclas asfálticas según su composición granulométrica.

El tipo de mezcla asfáltica a emplear se determinará en función de:

La capa de pavimento a que se destine.

La categoría del tráfico.

b) Tipo de ligante asfáltico.

El tipo de ligante asfáltico a emplear dependerá de:

La capa de pavimento a que se destine la mezcla.

El tipo de mezcla.

La categoría del tráfico.

El clima de la zona en que se encuentre la carretera.

c) Relación Filler /Asfalto.

La relación ponderal de los contenidos de filler y asfalto de la mezcla asfáltica, dependerá de:

La capa de pavimento a que se destine la mezcla.

El tipo de mezcla.

La categoría del tráfico.

La zona en que se encuentre la carretera.

3.3.5 MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Las mezclas asfálticas han sido típicamente diseñadas con procedimientos empíricos de laboratorio, lo que significa que se requiere la experiencia en campo para determinar si el análisis de laboratorio tiene correlación con el desempeño del pavimento. De cualquier manera, aun con la correcta conjunción de estos procedimientos y el desarrollo del criterio de diseño de la mezcla, no se podían asegurar buenos grados de desempeño.

3.3.5.1 Método Marshall

El concepto del método Marshall en el diseño de mezclas para pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoró y adicionó ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall, a la vez que desarrolló un criterio de diseño de mezclas.

El método original únicamente es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación, que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1”) o menor. El método Marshall modificado se desarrolló para tamaños máximos arriba de 38 mm (1.5”), y está pensado para diseño en laboratorio y control en campo de mezclas asfálticas en caliente, con graduación densa. Debido a que la prueba de estabilidad es de

naturaleza empírica, la importancia de los resultados en términos de estimar el comportamiento en campo se pierde cuando se realizan modificaciones a los procedimientos estándar.

El método Marshall utiliza especímenes de prueba estándar de 64 mm (2 ½”) de alto y 102 mm (4”) de diámetro; se preparan mediante un procedimiento para calentar, combinar y compactar mezclas de asfalto- agregado (ASTM D1559). Los dos aspectos principales del método Marshall son la densidad-análisis de vacíos, y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados; cabe mencionar que este proceso de diseño no tiene especificado pruebas para agregados minerales ni para cementos asfálticos.

3.3.5.1.1 Pruebas a las mezclas asfálticas compactadas

En el método Marshall se elaboran tres tipos de pruebas para conocer tanto sus características volumétricas como mecánicas.

Determinación de la gravedad específica

La prueba de gravedad específica puede desarrollarse tan pronto como el espécimen se haya enfriado en un cuarto de temperatura. Esta prueba se hace de acuerdo con la Norma ASTM D1188, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas utilizando parafina; o la ASTM D2726, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas mediante superficies saturadas de especímenes secos.

Para determinar cuál norma se debe utilizar, se realizan pruebas de absorción a la mezcla asfáltica compactada; si la absorción es mayor al 2%, se recurre a la norma ASTM D1188; en caso contrario, se emplea la norma ASTM D2726.

Prueba de estabilidad y flujo

Después de que la gravedad específica se ha determinado, se procede a la prueba de estabilidad y flujo, que consiste en sumergir el espécimen en un baño María a $60^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ ($140^{\circ} \text{F} \pm 1.8^{\circ} \text{F}$) de 30 a 40 minutos antes de la prueba.

Con el equipo de prueba listo se remueve el espécimen colocado en baño María y cuidadosamente se seca la superficie. Ubicando y centrando el espécimen en la mordaza inferior, se coloca la mordaza superior y se centra completamente en el aparato de carga.

Posteriormente, se aplica la carga de prueba al espécimen a una deformación constante de 51 mm (5") por minuto, hasta la falla. El punto de falla se define por la lectura de carga máxima obtenida. El número total de Newtons (lb) requeridos para que se produzca la falla del espécimen deberá registrarse como el valor de estabilidad Marshall.

Mientras la prueba de estabilidad está en proceso, si no se utiliza un equipo de registro automático, se deberá mantener el medidor de flujo sobre la barra guía y cuando la carga empiece a disminuir se deberá tomar la lectura, y registrarla como el valor de flujo final. La diferencia entre el valor de flujo final e inicial, expresado en unidades de 0.25 mm (1/100"), será el valor del flujo Marshall.

Análisis de densidad y vacíos

Después de completar las pruebas de estabilidad y flujo, se lleva a cabo el análisis de densidad y vacíos para cada serie de especímenes de prueba.

Se debe determinar la gravedad específica teórica máxima (ASTM D2041) para al menos dos contenidos de asfalto, preferentemente los que estén cerca del contenido óptimo de asfalto. Un valor promedio de la gravedad específica efectiva del total del agregado, se calcula de estos valores.

Utilizando la gravedad específica y la gravedad específica efectiva del total del agregado, así como el promedio de las gravedades específicas de las mezclas compactadas, la gravedad específica del asfalto y la gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica, se calcula el porcentaje de asfalto absorbido en peso del agregado seco, porcentaje de vacíos (V_a), porcentaje de vacíos llenados con asfalto (VFA), y el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA).

3.3.5.2 Método Superpave

En 1987, el Strategic Highway Research Program (SHRP) fue establecido por el Congreso de los Estados Unidos con un presupuesto de 150 millones de dólares en programas de investigación, a fin de mejorar el desempeño y duración de las carreteras volviéndolas más seguras tanto para automovilistas como para los trabajadores de las mismas.

Un tercio de este presupuesto se empleó en el desarrollo de especificaciones de desempeños basados en asfalto, directamente relacionados con análisis de laboratorio y con aplicaciones en campo.

Iniciando el desarrollo de un nuevo sistema para especificar materiales asfálticos, el producto final del programa es un nuevo sistema llamado Superpave (SuperiorPerforming Asphalt Pavement). Representa una tecnología provista de tal manera que pueda especificar cemento asfáltico y agregado mineral; desarrollar diseños de mezclas asfálticas; analizar y establecer predicciones del desempeño del pavimento.

Este método evalúa los componentes de la mezcla asfáltica en forma individual (agregado mineral y asfalto), y su interacción cuando están mezclados.

3.3.5.2.1 Pruebas al agregado mineral

Las propiedades del agregado mineral son obviamente importantes para el desempeño de mezclas asfálticas. El criterio de agregados está directamente incorporado en el procedimiento Superpave. Hubo otros procedimientos que se refinaron para concordar con el sistema Superpave. Al respecto, dos tipos de propiedades de agregados se especifican en el sistema Superpave: propiedades de consenso y propiedades de origen.

Propiedades de consenso

Las propiedades de aceptación del Superpave son: angularidad del agregado grueso; angularidad del agregado fino; partículas alargadas y aplanadas; y equivalente de arena.

Propiedades de la fuente de origen

Además de las propiedades de consenso, los expertos viales pensaron que había otras características críticas del agregado. Aun cuando éstas son relevantes en el proceso de diseño de la mezcla, podrían también usarse como un control de aceptación de la fuente de origen.

Las propiedades que se consideraron fueron: la tenacidad mediante la prueba de desgaste de Los Ángeles; la durabilidad a través de la prueba de intemperismo acelerado; y la prueba de materiales deletéreos.

3.3.5.2.2 Pruebas al cemento asfáltico

Las pruebas Superpave para cementos asfálticos miden propiedades físicas que pueden estar directamente relacionadas con el desempeño en campo a través de principios ingenieriles.

Las pruebas Superpave para cemento asfáltico, también son llevadas a temperaturas a las que se encuentran los pavimentos en servicio.

El tema central de las especificaciones Superpave es la confianza sobre las pruebas del cemento asfáltico en condiciones que simulan las tres etapas críticas durante la vida del asfalto.

Las pruebas realizadas en el asfalto original, representan la primera etapa: transportación, almacenamiento, y manejo.

La segunda etapa representa el asfalto durante la producción, mezcla y construcción; es simulada por las especificaciones mediante el envejecimiento del asfalto en el Horno Rotatorio de Película Delgada (RTFO). Este procedimiento expone una película delgada de asfalto a calor y aire para aproximar el envejecimiento que sufre el asfalto durante su mezcla y construcción.

La tercera etapa ocurre cuando envejece el cemento asfáltico desde que se coloca en la mezcla asfáltica, y carpeta asfáltica, hasta el fin de su vida de diseño para la cual fue planeado. Esta etapa se simula en la vasija de envejecimiento a presión (PAV), mediante la exposición de muestras de asfalto a calor y presión, para representar el envejecimiento del pavimento a lo largo de los años de servicio.

En la Tabla 1.1 se pueden observar las pruebas utilizadas en el Superpave, y el propósito de las mismas.

Propósito de las pruebas de asfaltos Superpave

Equipo	Propósito
Horno rotatorio de película delgada (RTFO) Vasija de envejecimiento a presión (PAV)	Simula las características del envejecimiento del asfalto
Reómetro de corte dinámico (DSR)	Mide las propiedades del asfalto a temperaturas altas e intermedias
Viscosímetro rotacional (RV)	Mide las propiedades del asfalto a altas temperaturas
Reómetro de viga en flexión (BBR) Ensayo de tensión directa (DTT)	Mide las propiedades del asfalto a bajas temperaturas.

Tabla 3.3 Propósitos de las pruebas de asfaltos superpave.

3.3.5.2.3 Pruebas a las mezclas asfálticas

Los requerimientos del diseño de mezclas asfálticas de Superpave son:

Requerimientos volumétricos de la mezcla

Los requerimientos volumétricos de la mezcla son: vacíos de aire; vacíos del agregado mineral y vacíos llenos de asfalto. El contenido de vacíos de aire es una propiedad importante que se utiliza como base para la selección del contenido del cemento asfáltico.

Superpave define los vacíos del agregado mineral (VAM), como la suma del volumen de vacíos de aire y del asfalto efectivo en una muestra compactada.

Representa los vacíos entre las partículas del agregado.

Los vacíos llenos de asfalto (VFA) son el porcentaje de VAM que contiene cemento asfáltico. Consecuentemente, VFA es el volumen de cemento asfáltico efectivo, expresado como el porcentaje de VAM.

Proporción de polvo

Otro requerimiento de la mezcla es la proporción de polvo; se calcula como la relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0.075 mm y el contenido de asfalto efectivo en porcentaje de peso total en la mezcla, menos el porcentaje de asfalto absorbido.

Susceptibilidad a la humedad

El ensayo de susceptibilidad a la humedad para evaluar una HMA al desprendimiento es la Norma AASHTO T-283, Resistencia de mezclas bituminosas compactadas al daño inducido por humedad. Este ensayo, que no se basa en el desempeño, sirve para dos propósitos; primero, identificar si una combinación de cemento asfáltico y agregado es susceptible a la acción del agua; segundo, mide la efectividad de los aditivos antidesprendimiento o de mejora de adherencia.

CAPITULO IV

ASPECTOS DE FUNCIONAMIENTO, EQUIPAMIENTOS E INSTALACION.

4.1 Introducción.

En este capítulo se presentan las funciones básicas que tendrá el laboratorio de asfalto; docencia-aprendizaje y la prestación de servicios a empresas y personas particulares que lo requieran, se tratara de atender la demanda estudiantil, realizando los ensayos mas principales a la mezclas asfálticas cumpliendo como lo especifica la ASTM y AASHTO de acuerdo al diseño MARSHALL.

La segunda etapa a implementar es la investigación, recurriendo a personal capacitado en esta área de mayor demanda e innovadora en la actualidad, el desarrollo de esta etapa se ejecutara al lograr una buena estabilidad tanto práctica y principalmente económica. Este laboratorio estaría funcionando continuo al laboratorio de Suelos y Materiales, el cual tendría el ambiente requerido para el equipo para realizar las diferentes pruebas pertinentes al asfalto y las mezclas asfálticas en caliente. Se propone un equipo para poder realizar ensayos, además las características del personal capacitado para la utilización de equipo para la realización de pruebas.

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo General:

- Definir los aspectos importantes del funcionamiento, equipamiento e instalación del laboratorio de asfalto.

4.2.2 Objetivo Específicos:

- Presentar la guía de ensayos de acuerdo al método de diseño de mezclas Marshall.
- Definir el equipo necesario y su respectivo costo para satisfacer la demanda básica estudiantil y profesional, en el desarrollo de ensayos al asfalto y mezclas asfálticas.

4.3 Funcionamiento del Laboratorio de Asfalto.

4.3.1 Generalidades

Para que un laboratorio de asfalto pueda garantizar un buen funcionamiento es importante que contenga con un espacio físico adecuado que facilite la ejecución de las pruebas sin poder interferir en otras, esta parte es indispensable ya que podría afectar en los resultados si no se cuenta con un espacio físico y un ambiente adecuado que ayude a mantener la calibración de los equipos. Los parámetros ya antes mencionado contribuyen para poder obtener buenos resultados, además es indispensable tener el equipo necesario para la realización de las pruebas, el personal que se encuentre a cargo

del laboratorio debe estar capacitado para que la obtención de toma de resultados sea precisa.

La calidad y fiabilidad de los ensayos se ve afectada por numerosos factores de influencia entre los cuales pueden destacarse:

➤ **Factores asociados a los recursos**

- ❖ Factores humanos
- ❖ Locales, instalaciones y condiciones ambientales
- ❖ Equipos
- ❖ Muestreos
- ❖ Manipulación de las muestras de ensayo

➤ **Factores metodológicos**

- ❖ Métodos de ensayo
- ❖ Trazabilidad de las medidas
- ❖ Aseguramiento de la calidad en los resultados de ensayo
- ❖ Tratamiento de datos

En el laboratorio se identifican y analizan de forma continua estos factores de influencia y sus repercusiones en los ensayos, adoptando medidas para asegurar su control y reflejándolo en sus procedimientos, planes de mantenimiento de equipos e instalaciones, y en la selección y formación de su personal.

Los factores antes mencionados difieren considerablemente de un ensayo a otro en el grado que contribuye a la incertidumbre total, es por eso que el laboratorio los equilibra adecuadamente en la formación y calificación del personal, así como en la selección y calibración de los equipos utilizados.

4.3.2 Etapas del funcionamiento del laboratorio propuesto.

El funcionamiento del Laboratorio de asfalto será determinado por la demanda estudiantil proyectada en de diseño, tomando en cuenta aspectos propios de la Facultad Multidisciplinaria Oriental además orientada en base a las necesidades que presentan la zona oriental, y así poder aprovechar esta herramienta básica para ambas parte será de gran beneficio mutuo. Este laboratorio propuesto se iniciara para la etapa de docencia-aprendizaje, para el desarrollo de esta etapa es necesario poder contar con personal capacitado en el área de asfalto tanto teórica como práctica para poder manipular los equipos. Posteriormente en base al desarrollo técnico logrado se dará paso al desarrollo en el área de investigación, en áreas específicas o en nuevas técnicas u materiales innovadores, de acuerdo al desarrollo vial y a la demanda requerida por los diferentes sectores involucrados para el desarrollo.

4.3.2.1 Docencia – Aprendizaje y Servicios a particulares

Se pretende impulsar este laboratorio con el desarrollo de esta primera etapa para poder lograr la capacitación de la docencia y así puedan dar servicio al sector estudiantil de la Facultad Multidisciplinaria Oriental y empresas privadas que requieran realizar pruebas, siendo este de gran beneficio porque estaría reduciendo los costos y a la vez evitaría trasladarse a otros puntos del país para desarrollarlas. El laboratorio contará con personal técnico capacitado en el área de asfalto que cubrirían los programas de estudio como lo exige la carrera de ingeniería civil para garantizar un buen aprendizaje.

4.3.2.2 Investigación

La segunda etapa del laboratorio a ser desarrollada sería la parte investigativa, estimando que la primera etapa propuesta el personal técnico y administrativo encargado en la funcionalidad del laboratorio han sido más capacitados y con experiencia en la funcionalidad del laboratorio así como el desarrollo de la parte investigativa a desarrollar.

4.3.3 Personal técnico y administrativo propuesto.

Para garantizar el funcionamiento del laboratorio se recomienda que la contratación del personal técnico sea a tiempo completo que tenga sus respectivas especializaciones en el área para garantizar la correcta utilización y el manejo de los mismos.

4.4. ENSAYOS AL ASFALTO.

4.4.1 Destilación de asfaltos líquidos ASTM D-402

El ensayo de destilación se emplea para determinar las proporciones relativas de cemento asfáltico y disolventes presentes en el asfalto líquido. Durante el proceso de ensayo se podrá medir las cantidades de disolvente que destilan a diversas temperaturas, dando un indicativo de las características de evaporación del mismo. Estas, a su vez, indican la velocidad a que el material curará después de su aplicación.

Objetivo

El proceso de ensayo consiste en la destilación de una muestra de 200 cm³ de asfalto líquido en un matraz de 500 cm³, elevando la temperatura y midiendo los volúmenes de disolvente que se colocan en una probeta, a temperaturas especificadas. El material que queda en el matraz será el residuo de destilación.

4.4.2. Viscosidad

Objetivo:

Determinar el grado de fluidez de un asfalto a las temperaturas que se especifican.

Equipo y material utilizado:

- Viscosímetro
- 2 termómetros
- Estufa o placa de calor
- Producto asfáltico en estudio.

4.4.3 Penetración

Objetivo:

Determinar el grado de dureza del residuo de la destilación de los asfaltos a la dureza del cemento asfáltico original.

Equipo y material utilizado:

- Equipo de penetración (penetrómetro)
- Cápsula de aluminio
- Termómetro
- Baño de agua
- Papel absorbente

4.4.4 Punto de Encendido

Objetivo:

Determinar la temperatura mínima a la cual se producen flamas instantáneas al someter al cemento asfáltico a un calentamiento gradual.

Definición:

Representa la temperatura crítica arriba de la cual deberá tomarse precauciones para eliminar los peligros de incendio durante el calentamiento y manipulación del mismo.

Equipo y material utilizado:

- Copa abierta de Cleveland

- Termómetro
- Placa de calor
- Producto asfáltico en estudio
- Gas

4.4.5 Punto de Reblandecimiento o de Fusión

Objetivo:

Determinar la temperatura a la cual fluye un asfalto hasta cierto grado. Esta prueba permite estimar la consistencia de los cementos asfálticos.

Definición:

El punto de reblandecimiento es la temperatura en la cual el asfalto cambia repentinamente de sólido a líquido; esto para ayudar a que el asfalto fluya más fácilmente.

Equipo y material que se utiliza:

- Vaso de precipitado
- Termómetro
- 2 Esferas de 9.5 mm. de diámetro y 3.5 grs. de peso.
- 2 Anillos de latón de 15.88 mm. de diámetro interior y de 6.35 mm. de altura.
- Soporte de los anillos, el cual debe tener una ménsula a 2.54 cms. debajo de los anillos.
- Fuente de calor regulable, la cual puede ser un mechero.

- Placa de apoyo, que puede ser de latón o bronce.
- Gas
- Agua a 5 grados centígrados.

4.4.6 Ductilidad

Objetivo:

Determinar si el cemento asfáltico o el residuo de la destilación tienen la ductilidad que marcan las especificaciones.

Definición:

Es la distancia a que puede estirarse, sin romperse, una muestra patrón de asfalto a la temperatura de 25 C° , una ductilidad alta es deseable en caminos para que no se agriete la carpeta al presentarse algún desplazamiento.

Equipo y material que se utiliza:

- Ductilómetro
- Briquetas
- Placa de cobre o latón
- Crema para la piel
- Estearato de zinc
- Agua
- Alcohol .

4.4.7 Pérdida por calentamiento y penetración retenida.

Objetivo:

Determinar la pérdida en porcentaje que sufre un cemento asfáltico, al someterlo a calentamiento a temperatura de 163 grados centígrados, por un período de 5 hrs.

Con el asfalto sometido a los pasos anteriores se determina la una prueba de penetración, para obtener la penetración retenida.

Equipo y material que se utiliza:

- Horno eléctrico, que permita mantener una temperatura hasta 180 grados centígrados como mínimo.
- Termómetro con escala mínima de 170 grados centígrados, con aproximación de un grado centígrado.
- Balanza con capacidad de 150 gramos y aproximación de 0.01 grs.
- Charolas redondas de fondo plano, de aluminio o acero inoxidable, de 14 cms. de diámetro y 9.6 mm. de altura, de tal manera que al colocar en ellas 50 cm³ de asfalto, se forme una película de 3 mm. de espesor.
- Placas de asbesto
- Cápsulas metálicas para la prueba de penetración.

4.5 Métodos de diseños de Mezclas asfálticas en Caliente.

4.5.1 Generalidades

4.5.1.1 Definición de mezcla asfáltica.

Las mezclas asfálticas, es material que está formada por una combinación de agregados pétreos, ligante asfáltico, y aditivo en algunos casos; de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua de éste.

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

Existen tres métodos de diseño utilizados para determinar las proporciones adecuadas de asfalto y agregados. Ellos son el Método Marshall y el Método Hveem, actualmente el método que se utiliza en EEUU es el método SUPERPAVE ya que se considera que la metodología de diseño está basada en pruebas más reales y científicas y no empíricas como las del método Marshall; debido a las condiciones económicas los países como el nuestro se sigue utilizando es el método Marshall.

4.5.1.2 Evolución de los métodos de diseño de mezclas asfálticas en caliente.

A continuación se muestra la evolución de los métodos de diseños de mezclas asfálticas en caliente.

- ❖ The Hubbard-Field (1920's). Método de diseño de mezclas asfálticas, fue uno de los primeros métodos en evaluar contenidos de vacíos en la mezcla y en el agregado mineral. Usaba una estabilidad como prueba para medir la deformación. Funcionó adecuadamente para evaluar mezclas con agregado pequeño o granulometrías finas, pero no también para mezclas con granulometrías que contenían agregados grandes.
- ❖ Método Marshall (1930's). Método de diseño de mezclas asfálticas, desarrollado durante la 2da. Guerra Mundial y después fue adaptado para su uso en carreteras. Utiliza una estabilidad y porcentaje de vacíos como pruebas fundamentalmente. Excepto cambios en las especificaciones, el método no ha sufrido modificación desde los años 40's.
- ❖ Método Hveem (1930's). Método de diseño de mezclas asfálticas, desarrollado casi en el mismo tiempo que el método Marshall. Evalúa una estabilidad pseudo triaxial.
- ❖ Método de la Western Association of State Highway on Transportation Officials. WASHTO (1984). Este método de diseño de mezclas recomendó cambios en los requerimientos del material y especificaciones de diseño de mezclas para mejorar la resistencia al ahuellamiento (efectos de deformación acumulada).
- ❖ Método de Asphalt Aggregate Mixture Analysis System. AAMAS (1987).

La necesidad de cambios en el diseño de mezclas fue reconocida, tardaron 2 años

para desarrollar un nuevo proyecto para el diseño de mezclas, que incluía un nuevo método de compactación en laboratorio y la evaluación de las propiedades volumétricas, desarrollo de pruebas para identificar las deformaciones permanentes, grietas de fatiga y resistencia de grietas a baja temperatura.

- ❖ Método SUPERPAVE (1993). El método AAMAS, sirvió como punto de inicio del método SUPERPAVE, que contiene un nuevo diseño volumétrico completo de mezcla, con funcionamiento basado en predicción a través de modelos y métodos de ensayo en laboratorio, grietas por fatiga y grietas por baja temperatura. Los modelos de predicción de funcionamiento fueron completados satisfactoriamente hasta el año 2000. El diseño volumétrico de mezclas en el SUPERPAVE es actualmente implementado en varios estados de los EUA, debido a que ha sido reconocida una conexión entre las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica caliente y su correcto funcionamiento. Ahora la aceptación en el control de calidad ha sido cambiada a propiedades volumétricas. SUPERPAVE promete un funcionamiento basado en métodos o ensayos de laboratorio que pueden ser usados para identificar la resistencia a las deformaciones plásticas de los pavimentos.

4.5.1.3 Características principales de la mezcla asfáltica.

La mezcla asfáltica en caliente preparada en laboratorio debe ser analizada para determinar el desempeño posible en la estructura del pavimento. Determinando así, características principales y la influencia que estas tienen en el comportamiento de la mezcla. Las cuales se detallan a continuación:

4.5.1.3.1 Densidad

Está definida como su peso unitario, es decir, el peso de un volumen específico de mezcla compactada. La densidad es una característica importante para obtener un rendimiento duradero. Si la densidad es baja la cantidad de vacíos son mayores, por lo tanto, la mezcla compactada será vulnerable al agua. Si la densidad es alta la cantidad de vacíos es menor, el agua no entrará en su interior obteniéndose de esta manera una carpeta de rodadura más durable.

4.5.1.3.2 Vacíos en el Agregado Mineral VMA.

Estos son los espacios de aire que existen de entre las partículas de agregado y los espacios que están llenos de asfalto en una mezcla asfáltica compactada de pavimentación. Es decir el VMA es el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto y el volumen de vacíos necesarios en la mezcla. El volumen efectivo de asfalto es todo el asfalto menos la porción que se pierde, por absorción, en el agregado. Si el VMA es mayor, existirá más espacio para la película de asfalto.

4.5.1.3.3 Determinación de Vacíos de aire VFA.

Están presentes entre los agregados revestidos de asfalto en la mezcla compactada y son pequeños espacios de aire, o bolsas de aire. Es de mucha importancia que las mezclas densamente graduadas contengan determinado porcentaje de vacíos, ya que estos permiten que el asfalto fluya durante la compactación adicional debido al tráfico. El porcentaje, en muestras elaboradas en laboratorio, para capas de base y capas superficiales debe estar entre 3% y 5%.

4.5.2 MÉTODO DE DISEÑO MARSHALL

4.5.2.1 Metodología.

El concepto del método Marshall para diseño de mezclas asfálticas fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El cuerpo de ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoró y adicionó ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall y desarrollo un criterio de diseño de mezclas.

4.5.2.2 Propósito metodológico.

El propósito del Método Marshall es determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados. El método también provee información sobre propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, y establece densidades y contenidos óptimos de vacíos que deben ser cumplidos durante la elaboración de la mezcla. El método original de Marshall, sólo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1 pulg) o menor. El método puede ser usado para el diseño en laboratorio, como para el control de campo de mezclas asfálticas en caliente.

4.5.2.3 Especificaciones de la metodología.

La selección del contenido óptimo de asfalto depende de muchos criterios que se discutirán en este capítulo. Un punto inicial para el diseño es escoger el porcentaje de asfalto para el promedio de los límites de vacíos de aire, el cual es 4%. El rango de

vacíos de aire es de 3% al 5%. Todas las propiedades medidas y calculadas bajo este contenido de asfalto deberán ser evaluadas comparándolas con los criterios para el diseño de mezclas (Tabla 4.1). Si todos los criterios se cumplen, entonces se tendrá el diseño preliminar de la mezcla asfáltica, en caso de que un criterio no se cumpla, se necesitará hacer ajustes, o rediseñar la mezcla.

¹Todos los criterios y no solo estabilidad, deben ser considerados al diseñar una mezcla asfáltica de pavimentación. Las mezclas asfálticas en caliente de base que no cumplan estos criterios, cuando se ensayen a 60 °C, se consideraran satisfactorias si cumplen los criterios cuando se ensayen a 38 °C, y si se colocan a 100 mm o más por debajo de la superficie. Esta recomendación se aplica solamente a las regiones que tengan una variedad de condiciones climáticas similar a la que prevalece en casi todas las regiones de Estados Unidos. En las regiones que tengan condiciones climáticas más extremas puede ser necesario usar temperaturas más bajas de ensayo.

4.5.3 ENSAYOS REALIZADOS A LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE COMPACTADA.

En el método Marshall describe tres tipos de pruebas para conocer tanto sus características volumétricas como mecánicas.

4.5.3.1 Determinación de la gravedad específica bulk.

El ensayo de gravedad específica bulk de mezclas asfálticas compactadas utilizando

especímenes saturados superficialmente secos puede desarrollarse tan pronto como el espécimen se haya enfriado. Este ensayo se desarrolla de acuerdo con la norma AASHTO T 166-05, para la gravedad específica bulk de mezclas asfálticas compactadas usando especímenes cubiertos con parafina la norma AASHTO T 275 es aplicada. Para determinar cuál norma se debe utilizar, se realizarán pruebas de absorción a la mezcla asfáltica compactada; si la absorción es mayor al 2%, se utiliza la norma AASHTO T 166-05, en caso contrario, se recurre a la norma AASHTO T 275.

4.5.3.2 Gravedad Específica Teórica Máxima

Se determina la gravedad específica teórica máxima Gmm de acuerdo a la norma AASHTO T 209-05, de la mezcla asfáltica en su estado suelto, para al menos dos contenidos de asfalto; de preferencia en un rango en donde se estime que podrá encontrarse el contenido óptimo. Una vez hecho lo anterior, se pueden determinar los valores de Gmm para los distintos contenidos de asfalto que se utilizan en el diseño, empleando fórmulas de aproximación tal como lo describe el Instituto del Asfalto de Norteamérica en su manual de métodos de diseño de mezclas asfálticas en caliente.

4.5.3.3 ANALISIS DERESULTADO DEL DISEÑO.

Trabajo del laboratorio para diseño de la mezcla-Procedimiento de Análisis de Mezclas Compactadas

Se listan todas las mediciones y cálculos necesarios para el análisis de vacíos:

- (a) Medir la gravedad específica bulk del agregado grueso (AASHTO T85 ó ASTM C127) y del agregado fino (AASHTO T84 ó ASTM C128).
- (b) Medir la gravedad específica del cemento asfáltico (AASHTO T228 ó ASTM D70) y del filler mineral (AASHTO T100 ó ASTM D854).
- (c) Calcular la gravedad específica bulk de la combinación de agregados en la mezcla.
- (d) Medir la Gravedad Específica Teórica Máxima de la mezcla suelta (ASTM D2041), también es conocida como RICE.
- (e) Medir la Gravedad Específica Bulk de la mezcla compactada (ASTM D1188 ó ASTM D2726)
- (f) Calcular la Gravedad Específica Efectiva del Agregado.
- (g) Calcular la Gravedad Específica Teórica Máxima de la mezcla para otros contenidos de asfalto
- (h) Calcular el porcentaje de asfalto absorbido por el agregado, P_{ba} .
- (i) Calcular el contenido de asfalto efectivo de la mezcla, P_{be} .
- (j) Calcular el porcentaje de vacíos de la mezcla compactada, VMA.
- (k) Calcular el porcentaje de vacíos de aire en la mezcla compactada, V_a
- (l) Calcular el porcentaje de vacíos llenos con asfalto.

Las ecuaciones y métodos necesarios para determinar los parámetros se detallan a continuación.

La siguiente tabla ilustra los datos básicos para una muestra de mezcla asfáltica. Estos datos de diseño se usarán como ejemplo para un mejor entendimiento del lector.

Datos Básicos para Muestras de Mezclas Asfálticas

(a) Constituyentes:						
Material	Gravedad Específica		AASHTO	ASTM	Composición de Mezcla	
		Bulk			% por peso del total de mezcla	% por peso del total de agregado
Cemento asfáltico	1.030 (G_b)		T 228	D 70	5.3 (P_b)	5.6 (P_b)
Agregado grueso		2.716 (G_1)	T 85	C 127	47.4 (P_1)	50.0 (P_1)
Agregado fino		2.889 (G_2)	T 84	C 128	47.3 (P_2)	50.0 (P_2)
Filler mineral			T 100	D 854	-,-	-,-
(b) Mezcla asfáltica						
	Gravedad específica bulk de la mezcla compactada, G_{mb} (ASTM D 2726)				2.442	
	Gravedad específica teórica máxima de la mezcla, G_{mm} (ASTM D 2041)				2.535	

Tabla 4.1 valores teóricos según normativa de la gravedad teórica, Bulk.

4.5.3.5 CONTENIDO DE ASFALTO EN UNA MEZCLA

Objetivo: Determinar el contenido de residuo o cemento asfáltico en las mezclas, expresándolo como porcentaje en peso respecto al del material pétreo seco.

Definición: Para obtener el contenido de cemento asfáltico en la mezcla ya elaborada se emplea un aparato llamado Rótarex o extractor centrífugo, que proporciona un medio útil para comprobar el porcentaje de cemento asfáltico presente en la mezcla. Además permite el efectuar un análisis granulométrico del agregado al finalizar la prueba de extracción del cemento asfáltico.

Equipo y material que se utiliza:

- Rótarex
- Cuchara chica
- Balanza con capacidad 1 kg., con aproximación a 0.1 gr.

- Parrilla o fuente de calor similar.
- Charolas de lámina.

4.5.4 TRABAJO DEL LABORATORIO PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLA.

En la dosificación que se realizó las proporciones de agregado son: Agregado grueso $\frac{3}{4}$ " 35%, agregado intermedio $\frac{3}{8}$ " 20 porcentajes de las cuatro fracciones y utilizando de acuerdo al tamaño máximo nominal de la combinación de agregados que es de $\frac{3}{4}$ pulgada, la especificación granulométrica Superpave para ese tamaño máximo nominal,. Primeramente se elaboran las briquetas, de acuerdo al procedimiento contemplado en la guía de ensayo basado en AASHTO T 245-97(2004), la cual establece que la temperatura de mezclado para cemento asfáltico es aquella que produce una viscosidad de 170 ± 20 centistoke (cSt), para el cemento asfáltico PG 64-22 que se ocupó, éste rango de viscosidades se logra con temperaturas de 150 a 155 °C; mientras que las viscosidades para compactación según AASHTO T 245-97(2004) serán de 280 ± 30 cSt, alcanzándolas en el cemento asfáltico utilizado en el rango de temperaturas de 141 a 145 °C .

4.5.5 COMPACTACIÓN DE ESPECÍMENES:

Se limpió totalmente el molde ensamblado para cada briketa y la superficie del martillo de compactación y se calentaron en un horno y una cocina respectivamente. Luego se colocó una pieza de papel filtro en el fondo del molde antes de introducir la mezcla. Introducimos la cantidad dosificada (bachada) completa en el molde, compactando vigorosamente con una espátula caliente 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces en

el interior. Removimos el collar y alisamos la superficie de la mezcla con una espátula para dar una forma ligeramente redondeada.

Al alcanzar la temperatura de compactación se colocó nuevamente el collar, luego colocamos una pieza de papel filtro sobre la mezcla y ya con el molde ensamblado en el sujetador de molde en el pedestal de compactación se ejerció 75 golpes con el martillo de compactación con caída libre 18 pulg. Después se colocó el molde en una posición inversa para dar el mismo número de golpes de compactación a la cara del espécimen que se invirtió.

Luego de elaborar las briquetas se realiza el trabajo de laboratorio comprendido en el procedimiento Marshall que comprende los siguientes ensayos, que se resumen como

- ❖ Estabilidad y Flujo, AASHTO T 245-97 (2004)

- ❖ Gravedad Específica Teórica Máxima, AASHTO T 209 -05

- ❖ Gravedad Específica Bulk, AASHTO T 166-05

La densidad bulk debe obtenerse antes de la estabilidad, ya que éste es un ensayo destructivo, de la bulk y teórica máxima se obtiene el porcentaje de vacíos de cada bachada.

Como ensayos extras se realizaron los siguientes:

- ❖ Contenido de Asfalto de Mezcla Asfáltica en Caliente por el Método de Ignición, ASTM D 6307-05

- ❖ Análisis Granulométrico del Agregado Extraído, AASHTO T 30-93 (2003)

4.5.6 GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK (AASHTO T 166-05).

Después de la compactación de las briquetas y su posterior extracción de los moldes para su respectivo curado a temperatura ambiente, se procede a realizar el ensayo de la gravedad bulk, según AASHTO T 166-05.

4.5.7 GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (AASHTO T 209 -05).

La gravedad específica teórica máxima (Gmm), como su nombre lo dice es la máxima densidad que puede presentar una mezcla asfáltica, ya que no considera vacíos en la muestra por estar esta en condición suelta, simplemente es la densidad de sólo las partículas de agregado recubiertas por el asfalto; es complementaria de la gravedad específica bulk, ya que con los valores de dichas gravedades se obtiene el porcentaje de vacíos (%Pa).

4.5.8 RESISTENCIA AL FLUJO PLÁSTICO DE MEZCLAS BITUMINOSAS UTILIZANDO EL EQUIPO MARSHALL, AASHTO T 245-97(2004).

El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente (inmediatamente deja de registrar carga). Durante un ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, las quijadas (cabezales) superior e inferior del aparato se acercan, y la carga sobre la briqueta aumenta al igual que la lectura en el indicador dial.

Luego se suspende la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de Estabilidad Marshall. Debido a que la estabilidad Marshall indica la resistencia de una mezcla asfáltica a la deformación; sin embargo en las mezclas asfálticas no siempre se aplica que si un valor de estabilidad es bueno, entonces un valor más alto será mejor. El valor de la fluencia Marshall, medida en centésimas de pulgada, representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro de la briqueta.

4.5.9 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO.

Después que se han realizado los ensayos Marshall en laboratorio es necesario realizar el tercer procedimiento contemplado en el método Marshall: análisis de la densidad y el contenido de vacíos en las briquetas; esto se hace mediante al análisis de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, para ello se deben hacer diversos cálculos para obtener ciertos valores y posteriormente elaborar los seis gráficos con los que se podrá obtener el contenido óptimo de asfalto para el diseño. Este análisis comprende:

Densidad

Vacíos de aire

Vacíos en el agregado mineral

Vacíos llenos de asfalto

4.5.9.1 ANÁLISIS DE LA DENSIDAD.

La densidad de cada serie de briquetas de prueba es calculada multiplicando la Gravedad Específica Bulk por la densidad del agua a la temperatura de ensayo (25 °C), que por lo

general se ocupa 1000 Kg/m^3 y su fórmula es:

$$\text{Densidad} = G_{mb} \times 1000 \text{ Kg/m}^3$$

Dónde:

G_{mb} = Gravedad Específica Bulk

Los valores de densidad para cada dosificación de asfalto han sido calculados a partir de los promedios de la gravedad específica bulk, los resultados obtenidos.

4.5.9.2 ANÁLISIS DE VACÍOS DE AIRE.

El propósito del análisis es determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada, el cual en el diseño debe de estar entre 3 y 5%. Los vacíos son pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto. Como ya se había mencionado antes existe una relación entre la gravedad específica bulk y la teórica máxima ya que son de las cuales se obtiene el porcentaje de vacíos, la teórica máxima no contempla vacíos en la muestra; mientras que una briqueta compactada sí contiene vacíos en su interior, por lo tanto la gravedad específica bulk es menor que la teórica máxima.

4.5.9.3 Análisis de vacíos en el agregado mineral.

Los vacíos en el agregado mineral VMA están definidos por el espacio intergranular de vacíos que se encuentran entre las partículas de agregado de la mezcla para pavimentación compactada, incluye los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto, y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla.

CAPITULO V

ESTUDIO TECNICO Y SOCIOECONOMICO

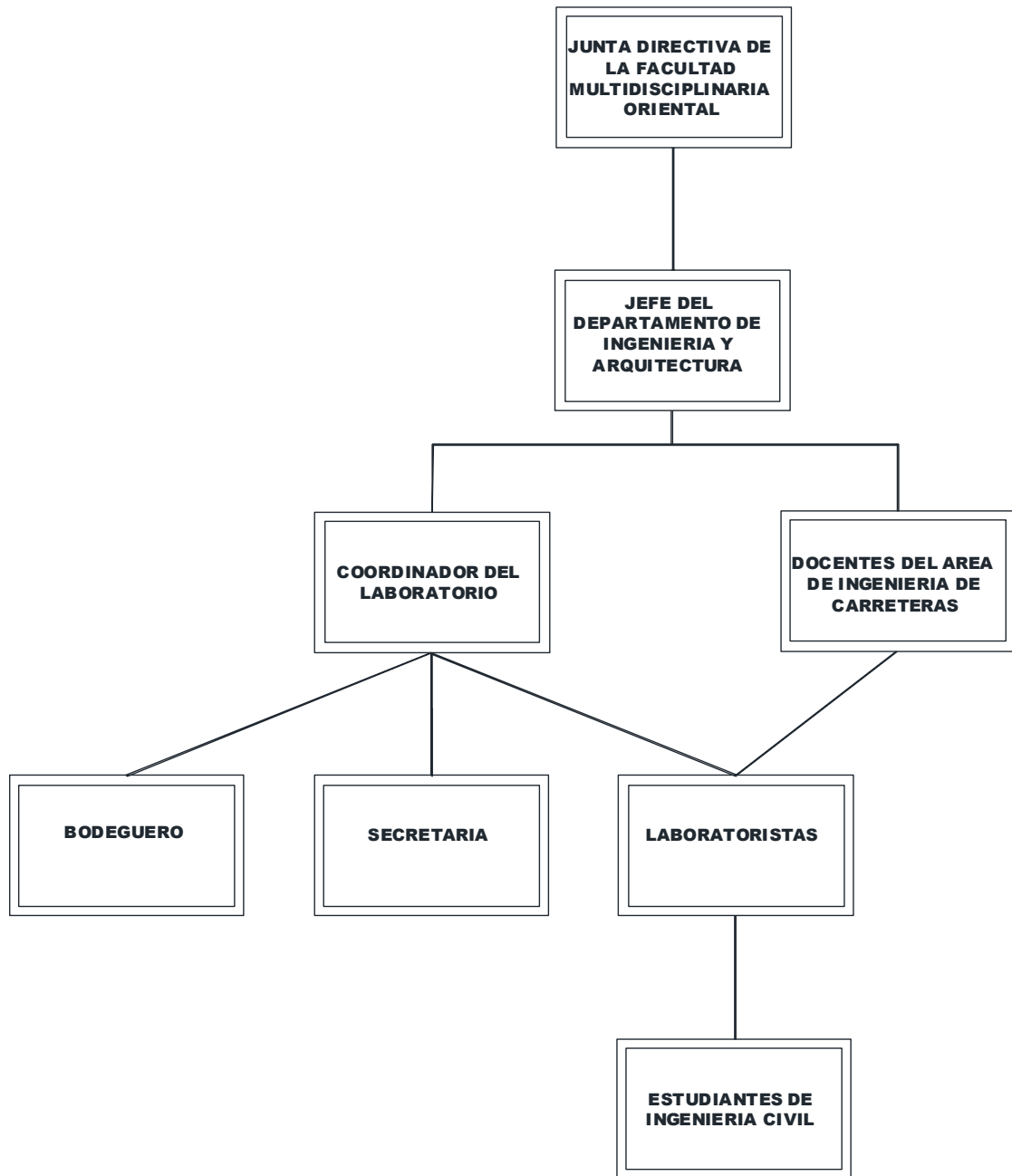
5.1 ESTUDIO TECNICO

5.1.1 ORGANIZACION DEL LABORATORIO DE ASFALTO Y MEZCLAS ASFALTICAS.

La organización se refiere a la coordinación para ordenar las tareas que deben realizarse dentro del laboratorio, asegurando de esta forma la formación y manejo efectivo.

Este laboratorio deberá ser regido por un coordinador y el cual deberá establecer los objetivos y programas de trabajo que permitan alcanzarlos eficientemente con el uso adecuado de las instalaciones y equipos. Para cumplir con los objetivos planteados, el laboratorio propuesto, deberá contar con un personal idóneo tanto en el área técnica como administrativa, este personal deberá poseer experiencia en la realización de ensayos a los agregados pétreos, al asfalto y a las mezclas asfálticas, así como de estar capacitado para la interpretación de los resultados de dichos ensayos.

5.1.1.1 ORGANIGRAMA DEL RECURSO HUMANO



5.1.1.2 FUNCIONES DEL PERSONAL TECNICO Y ADMINISTRATIVO

Se plantean las funciones básicas del personal técnico y administrativo que deben cumplir para el buen funcionamiento del laboratorio de asfalto en la facultad.

- ✓ Junta Directiva de la Facultad Multidisciplinaria Oriental.

Debido a que es el máximo organismo administrativo y disciplinario su función es desarrollar las acciones necesarias para la aprobación de los fondos para la implementación del laboratorio, una vez ejecutado será administrar y velar por el buen funcionamiento de las instalaciones.

- ✓ Jefe del Departamento de Ingeniería y Arquitectura.

Sus funciones serán de planificar las actividades académicas de cada ciclo, proponer estrategias y metodologías que mejoren el desarrollo educacional de la carrera ingeniería civil, velar porque se cumplan los métodos y normas de funcionamiento del laboratorio.

- ✓ Docentes de asignaturas que requieren el uso del laboratorio de asfalto.

Planificar y elaborar programas de las asignaturas; impartir clases teóricas y prácticas; dirigir sesiones de ensayos realizados a los materiales pétreos, asfalto y mezclas asfálticas; realizar y asignar propuestas de investigación práctica de temas relacionados a la asignatura impartida.

✓ Coordinador del Laboratorio.

Regular adecuadamente el desarrollo funcional de las actividades internas del laboratorio; proponer al jefe del departamento de ingeniería y arquitectura y docentes, programas y estrategias para el aprovechamiento óptimo de los recursos e instalaciones, orientar a docentes y estudiantes sobre el uso correcto del equipo en la realización de ensayos.

✓ Bodeguero.

Verificar el estado y la cantidad de equipos después de finalizada la clase o sesión de trabajo, registrar el inventario de equipos y accesorios en el laboratorio, reportar al coordinador del laboratorio daños o desperfectos en los equipos, velar por la seguridad de la bodega y mantener en un lugar seguro y ordenado las muestras utilizadas para los ensayos.

✓ Secretaria

Su función será la redacción e impresión de informes y guías, fotocopiar documentos, atender y orientar a estudiantes y personal que solicita los servicios del laboratorio.

✓ Laboratoristas

Realizar y explicar los ensayos realizados a los materiales pétreos, asfalto y mezclas asfálticas a los estudiantes de ingeniería civil; así como de realizar reportes técnicos a personas particulares que lo soliciten; operar el equipo que por su delicadeza no estén

aptos para ser utilizados por los estudiantes, dar mantenimiento básico y calibrar el equipo de laboratorio utilizado.

- ✓ Estudiantes de Ingeniería Civil.

Su función en el laboratorio será de hacer el uso adecuado de las instalaciones para garantizar su aprendizaje y evitar dañar el equipo para prolongar su vida de servicio, así como de ayudar en el funcionamiento adecuado de dicho laboratorio.

5.1.1.3 PROCEDIMIENTOS BASICOS PARA EL USO DEL LABORATORIO DE ASFALTO

- ✓ Proceso para selección del recurso humano.

El Jefe del departamento de ingeniería y arquitectura junto a los docentes que requerirán de las instalaciones para impartir el área práctica de sus asignaturas serán los encargados de seleccionar el personal idóneo que desempeñe las funciones de coordinador, laboratoristas, secretaria y bodeguero; estos serán remitidos a la Junta directiva de la Facultad multidisciplinaria oriental para su respectiva revisión, aprobación y contratación.

- ✓ Procedimiento para la asignación y determinación de recursos técnicos.

El laboratorio a implementar prestara servicios en el área de ingeniería de carreteras y específicamente en mezclas asfálticas a estudiantes de la carrera ingeniería civil y

profesionales que los requieran; para dichos servicios es necesario elaborar una guía de ensayos que cumpla con las normativas que los rigen.

Las prácticas serán desarrolladas de acuerdo a los programas de estudio de las asignaturas que las requieren.

- ✓ Procedimiento o normativa interna para el uso del laboratorio.

Con el objeto de mantener un ordenamiento y disciplina dentro de las instalaciones del laboratorio durante el desarrollo de las practicas, es necesario que el laboratorio cuente con las normas de conducta y comportamiento que deben cumplir los estudiantes, de tal manera que se realicen los ensayos en forma eficiente y aprovechando al máximo el tiempo para la adquisición de conocimientos y habilidades en el manejo de equipos de laboratorio. Se deben cumplir las siguientes normas:

- Ser estudiante inscrito en la carrera ingeniería civil.
- Estudiantes de otras carreras deben presentar solicitud por escrito, para tener acceso a las instalaciones en caso de ser requerido.
- Presentar buena conducta y disciplina, por el cuidado y manejo del equipo de laboratorio.
- Solicitar por escrito al encargado, los materiales y el equipo a utilizar durante la práctica, se llenará la solicitud de préstamo se llenara antes de retirarlos donde se ingresaran datos de fecha, nombre de asignatura, ensayo, equipos a utilizar y firmas del bodeguero y un integrante del grupo.

- Hacer un buen uso y manejo de equipo.
- Cuando quede pendiente la entrega de un equipo, este deberá ser devuelto por el alumno responsable de la solicitud una vez finalizado el ensayo.
- Devolver el equipo a la bodega; entregándose al encargado, después de finalizada la practica en buen estado y completamente limpio para que pueda ser recibido.
- En caso de deterioro parcial o total que invalide el uso de un equipo por causas que sean imputables al estudiante, se llegara a un acuerdo con el grupo para solventar los gastos económicos para su reparación.
- Los estudiantes deben ser puntuales y cumplir con los horarios de prácticas.
- No se permitirá fumar ni comer dentro de las instalaciones.
- Para el uso de equipo de delicado deberá solicitarse la ayuda del laboratorista, para evitar daños y ayudar en la durabilidad de éstos.

5.1.2 ADMINISTRACION DEL LABORATORIO DE ASFALTO Y MEZCLAS ASFALTICAS.

La administración del laboratorio de asfalto en la Facultad Multidisciplinaria Oriental estará a cargo del coordinador, quien establecerá la manera de disponer los recursos existentes, con el fin de cubrir la demanda estudiantil y profesional.

Los recursos de que dispondrá el laboratorio de asfalto son los siguientes:

- ✓ Recurso Humano

El recurso humano es el responsable de la calidad de los resultados obtenidos en el laboratorio. Se requiere que este recurso tenga una capacitación adecuada para desarrollar tanto las funciones de organización y de administración, como de aseguramiento de calidad en forma segura y eficiente.

- ✓ Uso de Equipos

De acuerdo a los objetivos que persigue el laboratorio de asfalto, así serán los requerimientos de equipo en cada etapa a implementar:

- Docencia-aprendizaje

Se refiere a todas aquellas asignaturas, que en forma continua o eventual requieren los servicios del laboratorio.

Por ser ésta un área donde se da la participación activa del alumno, es importante que se cuente con el apoyo de personal especializado en el uso de equipo de laboratorio, sin

embargo existe equipo que no requiere de gran capacidad para su operación y perfectamente puede ser utilizada por los alumnos siempre y cuando se realice bajo la supervisión del laboratorista o el docente.

Con respecto al equipo que requiera de conocimiento especializado o capacitación para ser operados, no podrán ser usados por alumnos o docentes no autorizados; quedando única y exclusivamente el manejo de estos a cargo del laboratorista capacitado o una persona competente autorizada.

- Investigación

Se refiere a los trabajos de investigación que se desarrollan por medio de seminarios de graduación realizados por estudiantes, o por temas investigativos realizados por docentes o personas particulares, que no están bajo supervisión directa del personal del laboratorio, por lo que se hace necesario capacitar a estas personas en el manejo y operatividad del equipo, en caso que se requiera del conocimiento adecuado de éste, será el personal del laboratorio.

- ✓ Uso de materiales.

Los docentes responsables de las asignaturas junto a los estudiantes que solicitan los servicios de laboratorio deberán proveer y reunir con anticipación una lista de los materiales que se requieren para los ensayos.

Cuando se tratare de servicios técnicos a particulares; el interesado proporcionara los materiales en cantidades suficientes de acuerdo a las correspondientes pruebas.

Todos los materiales desechados o inservibles serán desalojados para mantener las instalaciones libre de contaminación.

5.1.3 ASPECTOS TECNICOS DEL PROYECTO.

El estudio técnico tiene por finalidad demostrar la factibilidad de la propuesta.

En el presente estudio se analizaran los siguientes aspectos:

- Localización optima del proyecto.
- Instalaciones físicas.

5.1.3.1 Localización optima del proyecto.

La facultad oriental dispone de una zonificación urbanística en donde cada departamento tiene asignada su área específica. La ubicación del laboratorio de asfalto será contiguo al laboratorio de suelos y materiales propuesto en el trabajo de graduación “Propuesta de implementación del laboratorio de suelos y materiales para la facultad multidisciplinaria oriental” en el año 2002, al costado noreste del departamento de ingeniería y arquitectura; con esto se considera una ubicación adecuada ya que puede cumplirse con los siguientes factores:

- ✓ Acceso inmediato del usuario a las instalaciones.

- ✓ Distancia adecuada entre el departamento de ingeniería y arquitectura y el laboratorio.
- ✓ Disponibilidad de servicios básicos (energía eléctrica, agua potable, etc.)
- ✓ Condiciones ambientales, ya que se busca dañar lo menos posible los factores ambientales.

5.1.3.2 Propuesta de instalaciones físicas.

Un laboratorio debe contar con áreas de trabajo, de oficina, de bodega, de servicios sanitarios, de parqueo, y aula de clases.

Debido a que el laboratorio de asfalto propuesto será adyacente al de suelos y materiales, ya no es necesario diseñar o aumentar en áreas de oficina (para la coordinación y administración), de bodega (para el depósito y almacenamiento de equipos y materiales), de servicios sanitarios, de parqueo ni de aula de clases; debido a que es un aumento en costo innecesario solamente se diseñara las dos áreas de trabajo necesarias para la realización de ensayos al asfalto y mezclas asfálticas.

- ✓ Área fría.
- ✓ Área caliente.

Los ensayos de materiales pétreos necesarios en el diseño de mezclas asfálticas serán realizados en área de materiales.

CUADRO DE DESCRIPCION DE AREAS

DESCRIPCION	UBICACIÓN PROPUESTA
OFICINA	LAB. SUELOS Y MATERIALES
AULA DE CLASES Y REUNIONES	LAB. SUELOS Y MATERIALES
BODEGA	LAB. SUELOS Y MATERIALES
PARQUEO	LAB. SUELOS Y MATERIALES
SERVICIOS SANITARIOS	LAB. SUELOS Y MATERIALES
AREA FRIA PARA REALIZAR ENSAYOS	LABORATORIO DE ASFALTO
AREA CALIENTE PARA REALIZAR ENSAYOS	LABORATORIO DE ASFALTO

Tabla 5.1 Cuadro de ubicación de áreas en el laboratorio.

5.2 ESTUDIO SOCIOECONOMICO.

Para llevar a cabo el proyecto de Implementación del Laboratorio de Asfalto es necesario conocer los recursos económicos necesarios para ejecutarlo, es por ello que se detallaran los costos de infraestructura y equipo.

5.2.1 COSTOS DE CONSTRUCCION E INSTALACION.

PRESUPUESTO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO DE ASFALTO.

PRESUPUESTO INFRAESTRUCTURA					
IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO DE ASFALTO					
UES - FMO					
ITEM	PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
1	CHAPEO Y DESCAPOTE	92.00	m2	\$ 7.00	\$ 644.00
2	TRAZO	92.00	m2	\$ 0.50	\$ 46.00
3	EXCAVACION	12.19	M3	\$ 15.14	\$ 184.60
4	COMPACTACION MATERIAL SELECTO	14.40	m3	\$ 26.98	\$ 388.51
5	SOLERA DE FUNDACION SF-1	33.00	ml	\$ 70.00	\$ 2,310.00
6	ZAPATA Z	4.00	U	\$ 135.00	\$ 540.00
7	COLUMNA C	21.20	ml	\$ 46.77	\$ 991.52
8	NERVIO N	25.80	ml	\$ 14.23	\$ 367.13
9	PARED DE BLOQUE 20X20X40	130.20	M2	\$ 42.75	\$ 5,566.05
10	BLOQUE SOLERA 20X20X40, SI Y SC	32.40	ML	\$ 29.37	\$ 951.56
11	REPELLO EN PAREDES	240.10	m2	\$ 3.25	\$ 780.33
12	AFINADO EN PAREDES	240.10	m2	\$ 1.90	\$ 456.19
13	PINTURA EN PAREDES	240.10	m2	\$ 4.30	\$ 1,032.43
14	PISO DE CONCRETO 1:2:2 Y Ho #2@0.25m AS	85.00	m2	\$ 18.53	\$ 1,575.05
15	VENTANA CELOCIA DE VIDRIO NEVADO	8.40	m2	\$ 60.00	\$ 504.00

16	PUERTAS P-3	2.00	c/u	\$ 400.00	\$ 800.00
17	PUERTA P-7	1.00	c/u	\$ 250.00	\$ 250.00
18	CIELO FALSO CON ARRIOSTRAMIENTO	85.00	m2	\$ 11.00	\$ 935.00
19	AIRE ACONDICIONADO TIPO MINI SPLIT	1.00	U	\$ 725.00	\$ 725.00
20	ENCHAPADO CON AZULEJO	23.69	m2	\$ 31.37	\$ 743.16
21	MODULOS (Incluye Losa y Gaveteros)	1.00	S.G.	\$ 1,167.20	\$ 1,167.20
22	SISTEMA HIDRAULICO	1.00	S.G.	\$ 219.53	\$ 219.53
23	SISTEMA ELECTRICO	1.00	S.G.	\$ 1,328.92	\$ 1,328.92
24	ESTRUCTURA DE TECHO	1.00	S.G.	\$ 935.23	\$ 935.23
25	CUBIERTA DE TECHO	110.58	m2	\$ 12.05	\$ 1,332.49
				TOTAL C.D.	\$ 24,773.90
				C.I. (30%)	\$ 7,432.17
				IVA (13%)	\$ 3,220.61
				TOTAL C.D. + C.I.	\$ 35,426.68

Tabla 5.2 Cuadro de presupuesto de infraestructura para el laboratorio de asfalto.

PRESUPUESTO DE PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO
DE SUELOS Y MATERIALES.

CONCEPTO	
INFRAESTRUCTURA	
• TRAZO	\$ 148.65
• TERRACERIA	\$ 8,529.25
• ALBAÑILERIA	\$ 29,196.05

• PISOS	\$ 12,266.05
• ACABADOS	\$ 7,304.22
• TECHOS	\$ 12,113.21
• INSTALACIONES HIDRAULICAS	\$ 4,605.65
• INSTALACIONES ELECTRICAS	\$ 6,915.43
• PUERTAS	\$ 2,034.28
• VENTANAS	\$ 2,551.65
• FOSA SEPTICA Y POZO DE ABSORCION	\$ 1,416.20
• PINTURA	\$ 3,284.82
• MOBILIARIO	\$ 2,162.35
TOTAL COSTO DIRECTO	\$92,527.81
IVA (13.00%)	\$ 12,028.62
COSTO INDIRECTO (30.00%)	\$ 27,758.34

VALORDE INFRAESTRUCTURA	\$ 132,314.77
EQUIPO PARA AREA DE SUELOS Y MATERIALES	\$ 321,573.71
VALOR TOTAL DE PROPUESTA DE LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.	\$ 453,888.48

Tabla 5.3 Cuadro de presupuesto de infraestructura para el laboratorio de suelos y materiales.

5.2.2 COSTOS DE EQUIPO PARA ENSAYOS AL ASFALTO Y MEZCLAS ASFALTICAS.

Costo de infraestructura = \$ 35,426.68

Costo de equipo de laboratorio = \$ 60, 407.60

Costo Total = \$ 95,833.28

CALCULO DEL VALOR ECONOMICO ENTRE LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES Y LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO DE ASFASLTO.

VALOR DE PROPUESTA DEL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

+ VALOR PROPUESTA DEL LABORATORIO DE ASFALTO

= \$ 453,888.48 + \$ 95,833.28

= \$549,721.76

A continuación la tabla 5.4 describe los precios del equipo necesarios para la propuesta de implementación del laboratorio de asfalto en la facultad multidisciplinaria oriental.



Humboldt Mfg. Co.

875 Tollgate Rd,
Elgin, IL 60123
USA

Tel: 1.708.456.6300

Fax: 1.708.456.0137

www.humboldtmgf.com

Sales Quotation

Quotation Num: 32222

Quotation Date: 11/26/2014

Valid Through: 12/26/2014

Customer Number: C5000

Customer Ref No E-mail 141124

Bill To:

Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria Oriental
Km. 114 - Carretera al Cuco
San Miguel
Att.: Rigoberto Lopez
EL SALVADOR

Ship To:

Universidad de El Salvador
Facultad Multidisciplinaria Oriental
Km. 114 - Carretera al Cuco
San Miguel
Tel.: 503 7071-0455
EL SALVADOR

Approx Lead Time*: 6 - 8 weeks

Ship Via: AIR FREIGHT

Incoterms: CIP San Salvador, El Salvador

Terms: Payment in Advance

Currency: USD

*Estimated Lead time after receipt of order based on current stock status

#	Item Code	Description	Harmonized Code	Qty	Unit Price	Total
1	H-1339B	Marshall Compression Machine Inc. Load Ring, (110Vac, 60Hz)	9024.80.0000	1.00	3,200.00	3,200.00
2	H-1344	Flowmeter Kit	9024.90.0000	1.00	200.00	200.00
3	H-1342	Marshall Breaking Head, 4"	9024.90.0000	1.00	430.00	430.00
4	H-1345	Hand Compaction Set for 4" Dia Samples	9024.80.0000	1.00	880.00	880.00
5	H-1394	Large Water Bath, Digital, 14 Gal (53L), 110V 60Hz "S/N"	9027.80.3500	1.00	1,760.00	1,760.00
6	H-1471	Centrifuge Extractor, Analog Control, 3000G Capacity, 115V 60Hz	8474.10.0090	1.00	2,990.00	2,990.00
7	H-1353A	Sample Ejector, 4" or 6", Hand Operated	9024.90.0000	1.00	590.00	590.00
8	H-1820	Vacuum Pycnometer Set, Large Capacity, 10L	9027.80.3500	1.00	590.00	590.00
9	H-1826.3F	Vibrating Table, Variable-Speed for 1820 Pycnometers, 110/220V 50/60Hz "S/N"	9027.80.3500	1.00	660.00	660.00
10	H-1754D	Manometer, Digital with AC Adapter, 110V 60Hz	9026.20.0000	1.00	392.00	392.00
11	H-1763A	Vacuum Pump with Gauge, High, 115V 60Hz	8414.10.0000	1.00	776.00	776.00
12	H-4950	Hot Plate, Electric, 6" X 6",	8514.40.0000	1.00	329.00	329.00
13	H-1364R	Marshall Single Compactor, Heavy Duty, 4" (Rotating), 115V 60Hz	9024.80.0000	1.00	4,080.00	4,080.00
14	H-1050	Ductility Machine, Basic, 3 Speed, W/O Wrapped Exterior or Thermal Finned Tubes, 115V 60Hz "S/N"	9024.80.0000	1.00	8,800.00	8,800.00
15	H-1990	Open Cup Flash Tester, Tag, Electric, 115V 50/60Hz	9027.80.3500	1.00	1,872.00	1,872.00
16	HM-3000.3F	Digital Master Loader (110/220V AC)	9024.80.0000	1.00	6,840.00	6,840.00
17	HM-2300.100	S-Type Load Cell 10,000 lbs (50Kn)	9024.90.0000	1.00	455.00	455.00
18	HM-2310.10	Strain Transducer, 1" (25mm)	9024.90.0000	1.00	730.00	730.00
19	H-4178	Penetration Piston with Stud	9024.90.0000	1.00	70.00	70.00
20	HM-4178BRT	Strain Transducer Bracket	9024.90.0000	1.00	55.00	55.00
21	HM-3001SW	Reporting Software Module, CBR/LBR	9024.90.0000	1.00	425.00	425.00
22	HM-3005SW	Reporting Software Module, Marshall Design	9024.90.0000	1.00	850.00	850.00
23	H-1910	Distillation Apparatus for Cut Back Products, ASTM D402	9027.80.3500	1.00	266.00	266.00
24	H-2285	Distillation Apparatus for Emulsified Asphalts, ASTM D244	9027.80.3500	1.00	720.00	720.00
25	H-1353A	Sample Ejector, 4" or 6", Hand Operated	9024.90.0000	1.00	590.00	590.00



Humboldt Mfg. Co.

875 Tollgate Rd,

Elgin, IL 60123

USA

Tel: 1.708.456.6300

Fax: 1.708.456.0137

www.humboldtmfg.com

Sales Quotation

Quotation Num: 32222

Quotation Date: 11/26/2014

Valid Through: 12/26/2014

Customer Number: C5000

Customer Ref No E-mail 141124

#	Item Code	Description	Harmonized Code	Qty	Unit Price	Total
26	H-1200	Universal Penetrometer "S/N"	9024.80.0000	1.00	2,180.00	2,180.00
27	H-4785	Balance, Heavy-Duty Solution, 20Kg X 1G	9016.00.0000	1.00	1,750.00	1,750.00
28	H-4604	Tri-Beam Balance W/Tare & Poise	9016.00.0000	1.00	252.90	252.90
29	H-30140	Laboratory Oven, Fan Forced Air, Dial Control, 300°F/149°C, 7.0 Cu ft (198L), 115V 60Hz 1110W	8514.30.0000	1.00	1,425.90	1,425.90
30	H-30200	Muffle Furnace, Digital, 212 to 2012°F/100 to 1100°C, Chamber 4.25" X 5" X 6", 120V 50/60Hz 1500W	8514.30.0000	1.00	1,579.00	1,579.00
31	H-3599	Thermometer, Infrared, Ir Combo Gun and K-Probe	9025.19.8080	1.00	160.00	160.00
32	H-3371	Specific Gravity Basket, #8 Mesh, 8" X 8" Dia, Stainless Steel	9027.90.8950	1.00	97.00	97.00
33	H-2713A	Specific Gravity Bench Set	9027.80.3500	1.00	3,100.00	3,100.00
34	H-4906	Spatula, 6" X 7/8"	8205.59.9000	1.00	10.80	10.80
35	H-3735	Scoop, Stainless Steel, Flat Nose, 9.3" Length	7326.19.0000	1.00	70.00	70.00
36	H-3700	Moisture Pan, Galvanized Iron, 18" X 18" X 1-1/2" (457mm X 457mm X 38mm)	8474.90.0010	1.00	44.00	44.00
37	H-3986S	Sample Splitter Replacement Pan, Stainless Steel, 9-3/4" X 7-3/4" X 4-1/4"	8474.90.0010	1.00	31.00	31.00
38	H-1337	Marshall Compaction Mold 4" for H-1346, H-1356	9024.90.0000	1.00	75.00	75.00
39	H-1471	Centrifuge Extractor, Analog Control, 3000G Capacity, 115V 60Hz	8474.10.0090	1.00	2,990.00	2,990.00



Humboldt Mfg. Co.

875 Tollgate Rd,
Elgin, IL 60123
USA
Tel: 1.708.456.6300
Fax: 1.708.456.0137
www.humboldtmfg.com

Sales Quotation

Quotation Num: 32222
Quotation Date: 11/26/2014
Valid Through: 12/26/2014
Customer Number: C5000
Customer Ref No E-mail 141124

#	Item Code	Description	Harmonized Code	Qty	Unit Price	Total
---	-----------	-------------	-----------------	-----	------------	-------

This quote IS NOT AN ORDER CONFIRMATION.

1. TO PLACE A FIRM ORDER:

Please send your Purchase Order referencing this quote number directly to:
Blanca Hauad - International Sales - Humboldt Mfg. Co.
Tel: 1 708 468 6310 - Fax: 1 708 456 5412 - E-mail: blanca@humboldtmfg.com

2. TO MAKE A PAYMENT VIA WIRE TRANSFER:

MB FINANCIAL BANK - 6111 N. River Rd. - Rosemont, IL - 60018
Beneficiary Bank Swift: MBFIUS44 (MB Financial Bank, Chicago)
For Further Credit to: Beneficiary: Humboldt Manufacturing Company
Account No.: 1510002197 - ABA No: 071001737

3. TO MAKE A PAYMENT VIA CREDIT CARD:

We accept Visa, MasterCard and American Express - We require the following information:
• Credit card type, number, expiration date and security code:
• Address associated to credit card:

Esta cotización NO ES UNA CONFIRMACIÓN DE ORDEN.

1. PARA PONER UNA ORDEN A FIRME:

Por favor envíe su Orden de Compra haciendo referencia del número de esta cotización, directamente a:
Blanca Hauad - International Sales - Humboldt Mfg. Co.
Tel: 1 708 468 6310 - Fax: 1 708 456 5412 - E-mail: blanca@humboldtmfg.com

2. PARA EFECTUAR UN PAGO VIA TRANSFERENCIA BANCARIA:

MB FINANCIAL BANK - 6111 N. River Rd. - Rosemont, IL - 60018
Beneficiary Bank Swift: MBFIUS44 (MB Financial Bank, Chicago)
For Further Credit to: Beneficiary: Humboldt Manufacturing Company
Account No.: 1510002197 - ABA No: 071001737

3. PARA EFECTUAR UN PAGO VÍA TARJETA DE CRÉDITO:

Se aceptan Visa, Mastercard o American Express y se requiere la siguiente información:
• Tipo y número de tarjeta de crédito, fecha de expiración, código de seguridad.
• Dirección asociada a la tarjeta de crédito.

Subtotal	\$52,315.60
Pkg/Handling Charge	\$1,570.00
Air Freight Charge	\$6,522.00

Total	\$60,407.60
--------------	--------------------

Note: To avoid delays, please reference Humboldt's quote number when submitting payment

5.3 GUIA DE ENSAYOS AL ASFALTO Y MESCLAS ASFALTICAS.

INTRODUCCION

La presente guía está referida al Asfalto y mezclas asfáltica en caliente aplicando el método marshall, correspondiente a las normas y requisitos esenciales para la determinación de los materiales a incorporar como parte de los diferentes elementos que son utilizados en obras viales encaradas por el Ministerio de Obras Públicas, así como a los sistemas para diseñar mezclas que cumplan con esos requisitos, a los procedimientos a que se debe ajustar la extracción de muestras representativas, a los métodos que se deben seguir para ensayarlas en el laboratorio y a los métodos para determinar las propiedades y características de los materiales y de las obras a ser ejecutadas adicionando un glosario de términos más comunes.

El contenido de guía está constituido por normas y procedimientos que no deben cambiarse bajo ninguna circunstancia. En especial, los ensayos de laboratorio deben ajustarse exactamente a procedimientos y criterios que se indican. Cualquier alteración de los mismos obliga, a anular el resultado obtenido, pues imposibilita su comparación con otras especificaciones y resultados obtenidos de otros ensayos.

Las normas están referidas para las condiciones de utilización del asfalto; ensayos relacionados a cementos asfálticos no modificados, agregados componentes a aplicaciones asfálticas, cementos asfálticos en mezclas en caliente. El contenido de este

guía es una recopilación de normas ya establecidas y desarrolladas por organismos especializados. En el título de cada método se incluyó el nombre de las normas base.

Cada norma de ensayo correspondiente incluye detalles de los objetivos, equipos y materiales, extracción y preparación de la muestra, procedimientos, cálculos, precisión – repetitividad y reproducibilidad – figuras y notas.

5.3.1 ENSAYOS RELACIONADOS A LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS NO MODIFICADOS.

5.3.1.1 MÉTODO DE MUESTREO (ASTM D 140 AASHTO T40-78)

✓ OBJETIVO

Esta norma indica los procedimientos requeridos para obtener muestras de asfaltos líquidos, semisólidos o sólidos, utilizados normalmente en obras de pavimentación; se puede realizar en el lugar de producción del material, en la terminal de abastecimiento o en el lugar de acopio o entrega del producto.

El método de muestreo es tan importante como el ensayo, por lo que se deben adoptar las precauciones necesarias para obtener muestras que representen la verdadera naturaleza y condición de los materiales. Las muestras se deben tomar por los métodos que se describen más adelante, de modo que permitan cumplir los siguientes propósitos:

- Representatividad de la muestra.
- Indicación de la variación máxima de las características principales del material.

Debido a los numerosos tipos y grados de materiales bituminosos que se despachan y almacenan alternativamente en los mismos envases o similares, siempre existe la

posibilidad que esos envases se encuentren contaminados con residuos, precipitados y/o solventes limpiadores.

En muchas ocasiones las muestras no representan estrictamente el material o se contaminan después de obtenidas; es de responsabilidad tanto del que produce, como del transportista, del usuario como de la metodología de muestreo, tomar las debidas precauciones.

Generalidades de muestreo de materiales asfálticos.

✓ Muestreo

El muestreo y despacho de asfalto al laboratorio debe realizarse, en lo posible, en el momento de la descarga, inmediatamente después de recepcionado en la planta, en el lugar de almacenamiento o en el sitio de obra.

✓ Despacho por muestrear.

De cada entrega de material asfáltico a obra se debe tomar el número de muestras requeridas. En el caso de entregas de reducido tamaño las muestras deben ser representativas de una cantidad máxima de 40m³ de material.

✓ Extracción de la muestra

✓ Se debe efectuar el muestreo por uno de los tres procedimientos siguientes:

✓ Por sangría a través de una llave o válvula de muestreo inserta en la línea de transferencia, durante la descarga del tercio central de la carga.

- ✓ Por medio de un dispositivo de muestreo inserto en un nivel aproximado al tercio central de la carga o del tanque.
- ✓ Las pruebas para aceptación del material se deben practicar sobre las muestras tomadas.
- ✓ Cuando éstas no cumplan con las especificaciones, se debe analizar la muestra testigo para confirmar los resultados.
- ✓ Numero de Muestra

El número mínimo de muestras para análisis y la masa o volumen de cada una de ellas deben ser los que se indican para cada tipo de asfalto. El lugar de extracción de la muestra debe ser el señalado.

- ✓ Envases para muestras.

El envase que se utilice para tomar la muestra debe ser, según tipo de asfalto, del tipo que se indica en la Tabla 5.5

Tipo de asfalto	Tipo de envase
Cemento asfáltico	Lata de boca ancha con tapa a presión
Asfalto cortado	Lata de boca angosta con tapa rosca
Emulsión	Recipiente plástico de boca ancha con tapa rosca
Sellante de juntas	Lata de boca ancha con tapa a presión

Tabla 5.5 tipos de envases para muestreo

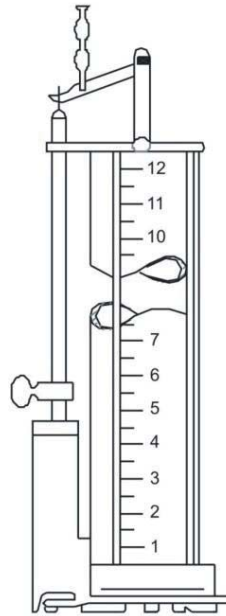
- ✓ Protección y preservación de las muestras

- ✓ Los envases para muestras deben ser nuevos. No los lave, no enjuague ni seque con telas engrasadas. No use envases que presenten evidencias de fundente de soldadura o que no estén limpios y secos. La tapa debe cerrar herméticamente.
- ✓ Inmediatamente después de llenar los recipientes, cierre herméticamente. No debe sumergir en solvente el envase lleno con la muestra, ni secarlo con un paño saturado en él; si es necesario limpiarlo, use un paño limpio y seco.
- ✓ Rotule los envases mediante marcas indelebles colocadas sobre el recipiente mismo y no sobre la tapa, o mediante etiquetas firmemente adheridas al envase. Tanto las marcas como las etiquetas deben llevar la siguiente información:
 - ✓ Nombre de la obra.
 - ✓ Nombre de la empresa contratista.
 - ✓ Proveedor y/o procedencia del asfalto.
 - ✓ Número y fecha de la Guía de Despacho.
 - ✓ Tipo de asfalto.
 - ✓ Sistema de acopio.
 - ✓ Número y nivel de extracción de la muestra.
 - ✓ Fecha y hora del muestreo.
 - ✓ Nombre y firma del responsable del muestreo.
- ✓ Las muestras de emulsión deben protegerse del congelamiento mediante un embalaje adecuado.

- ✓ No traspase las muestras de un envase a otro, excepto cuando el procedimiento de muestreo así lo establezca, ya que sus características pueden alterarse o sufrir contaminación.

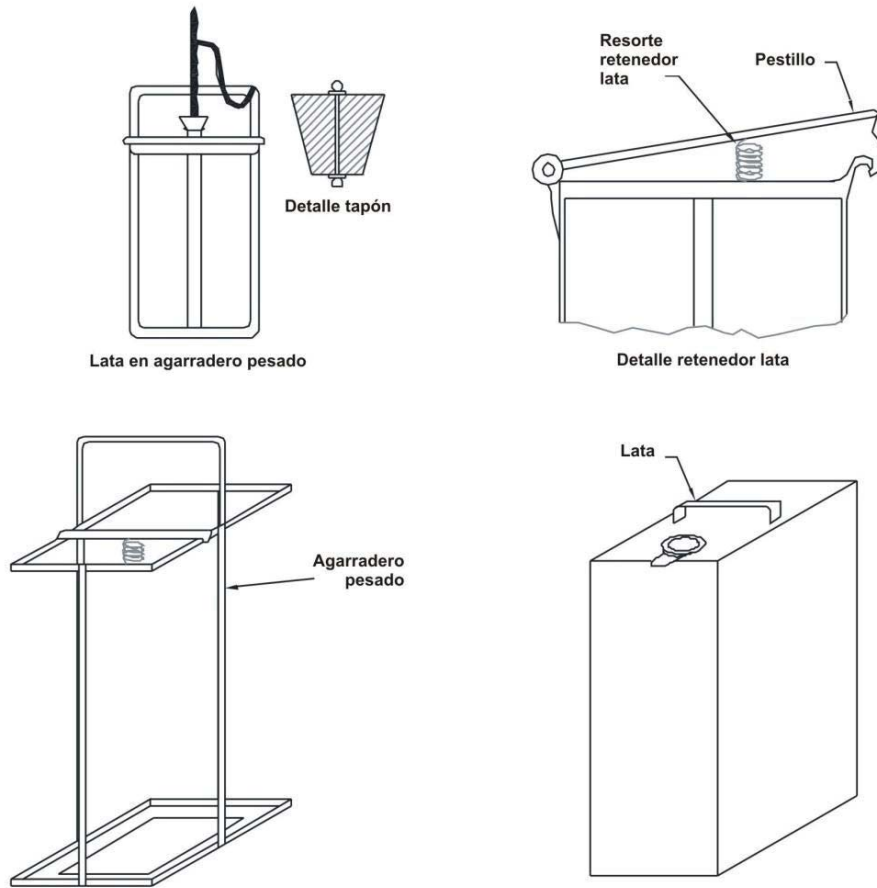
5.3.1.2 MUESTREO DE MATERIALES LÍQUIDOS EN BARRILES

Para muestrear materiales bituminosos líquidos almacenados en barriles, determine el tamaño de la muestra de acuerdo a la Tabla 5.5; luego seleccione los barriles mediante procedimientos de extracción al azar. Mezcle rigurosamente el contenido de cada barril seleccionado y luego extraiga una muestra individual de 2 Kg., usando un tubo de muestreo.



Nota: Este tipo de muestreador se sumerge dentro del estanque con la válvula inferior abierta (no hay ningún cierre superior) Cuando se alcanza la profundidad deseada se da un tirón instantáneo a la cadena de descenso que cierra la válvula inferior. Luego el muestreador se retira del estanque y el contenido se traspasa al envase de muestra. Este muestreador se puede usar para muestreos repetitivos en el mismo estanque.

Figura 5.1 Tubo para muestreo



Nota: Este tipo de muestreador se sumerge dentro del estanque con el tapón puesto. Cuando se alcanza la profundidad deseada se retira el tapón por medio del alambre, cuerda o cadena, para permitir que se llene. El llenado estará completo cuando cese el burbujeo en la superficie del líquido; luego retire la muestra. Se debe utilizar un envase limpio para cada muestra que se tome.

Figura 5.2 Tipos de envases desechables.

5.3.1.3 ENSAYO DE LA DENSIDAD DE MATERIALES BITUMINOSOS POR MEDIO DEL (METDODO DEL PICTOMETRO) SEGÚN NORMA (ASTM D71-94 AASHTO T 229-97)

OBJETIVO.

Describir el procedimiento a seguir para determinar la gravedad específica de los materiales bituminosos, mediante el empleo de un picnómetro.

ALCANCE

Establecer parámetros que nos permitan definir los valores de peso específico necesarios para efectuar las correcciones de volumen cuando se manipulan a temperaturas elevadas y para el cálculo de la densidad y vacíos de las mezclas asfálticas.

EQUIPO Y MATERIALES.

- ✓ Picnómetro, de 24 a 30 ml de capacidad.
- ✓ Balanza analítica, Con capacidad de 1200 g y una precisión de 0,1g.
- ✓ Baño termostático capaz de mantener la temperatura requerida en un rango de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$
- ✓ Termómetro de -8 a 32°C , con una precisión de $0,1^{\circ}\text{C}$
- ✓ Agua destilada o des-ionizada.
- ✓ Vaso de precipitado: Con capacidad de 250 ml.

CALIBRACION DEL PICTOMETRO

- ✓ Determine la masa del picnómetro limpio y seco con su tapa, y désígnela como A, aproximando a 0,01 g.
- ✓ Llene el picnómetro con agua destilada y ajuste firmemente la tapa girándola. Sumerja totalmente el picnómetro en un vaso con agua destilada. Coloque el vaso con el picnómetro en el baño de agua de forma que el agua del baño quede al mismo nivel que la del vaso. Manténgalos en el baño como mínimo 30 min. a temperatura de ensayo. Retire el picnómetro y seque rápida y cuidadosamente toda humedad superficial, determine la masa y désígnela como B, aproximando a 0,01 g.

Nota 1: Se deben tomar las precauciones necesarias para que los equipos y agua estén a la temperatura de ensayo, y para evitar derrames del picnómetro.

Nota 2: La gravedad específica de los asfaltos de penetración puede variar entre 0.98 g/cm³ y 1.06 g/cm³. Debido a que la relación temperatura – viscosidad, es variable según se trate de diferente asfaltos, no se especifica un valor único de densidad.

Nota 3: La temperatura de ensayo debe ser igual a la temperatura de calibración del picnómetro



Figura 5.3 Equipo requerido.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

- ✓ Se debe pesar el picnómetro y anotar ese dato en la planilla de ensayo como peso de picnómetro.
- ✓ Se llena el picnómetro, con agua destilada a temperatura ambiente y se inserta el tapón, luego se sumerge el picnómetro con agua, dentro de un vaso de precipitado lleno de agua destilada a 25°C, durante un tiempo de 30 minutos.
- ✓ El picnómetro se retira del baño, se seca con una toalla limpia o con un papel absorbente, teniendo cuidado de que el menisco en el orificio del tapón este a nivel de la superficie del mismo). Y se procede a pesar el picnómetro con el agua.

- ✓ La lectura obtenida se anota en la planilla de ensayo como peso del picnómetro más el agua destilada a 25°C.

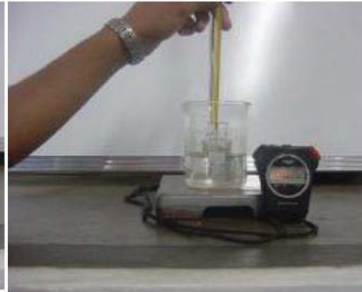


Figura 5.4 picnómetro

Figura 5.5 sumergido en agua.

Figura 5.6 Pesado del picnómetro

Preparación de la muestra ya sea:

- Asfaltos Líquidos de baja viscosidad
- Cementos Asfálticos.
- Preparación de la muestra de asfalto líquido.

Caliente el material asfáltico a la temperatura requerida y viértalo dentro del picnómetro hasta llenarlo, evitando la inclusión de burbujas de aire. Inserte la tapa firmemente en el picnómetro y limpie con un paño el exceso de material que se hubiere derramado por el orificio. Determine la masa del picnómetro y su contenido y désignela como C, aproximando a 0,01 g.

- ✓ La densidad del asfalto líquido se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$\rho_b = \frac{C - A}{B - A} \times \rho_w \times 1.000$$

Donde:

ρ_w : Densidad del agua a la temperatura de ensaye (g/cm³).

ρ_b : Densidad del asfalto a la temperatura de ensaye (Kg /m³).

- ✓ Si la viscosidad impide seguir el procedimiento descrito, aplique lo que se señala en Procedimientos para Cementos Asfálticos que se describe a continuación.

Preparación de la muestra de cemento asfáltico.

- ✓ Caliente una pequeña cantidad de material hasta una condición fluida, mediante la aplicación de calor en forma suave; debe prevenir la pérdida por evaporación. Una vez que la muestra esté suficientemente fluida viértala dentro del picnómetro, limpio y seco, hasta aproximadamente la mitad.
- ✓ Es conveniente calentar ligeramente el picnómetro antes de vaciar el material. Se deben tomar precauciones para evitar que el material toque las paredes del picnómetro por encima de su nivel final, y evite la inclusión de burbujas de aire, aplicando ligeramente la llama de un mechero a la superficie del picnómetro y del asfalto. Enfríe el picnómetro y su contenido a temperatura ambiente y

determine la masa con la tapa incluida. Designe esta masa como C, aproximadamente a 0,01 g.

- ✓ Termine de llenar con agua destilada, inserte la tapa firmemente, sumérgalo completamente en un vaso lleno de agua destilada y colóquelo en el baño, de acuerdo a lo indicado en 2, a la temperatura de ensayo por unos 30 min. Retire el picnómetro del vaso y séquelo con un paño. Determine la masa y désignela como D, aproximando a 0,01 g.
- ✓ La densidad del cemento asfáltico se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$\rho_b = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)} \rho_w \times 1.000$$

Donde:

ρ_b : Densidad del agua a la temperatura de ensaye (g/cm³).

ρ_w : Densidad del asfalto a la temperatura de ensaye (kg /m³).

- ✓ Luego de haber descrito y los dos tipos de preparación ya sea asfalto líquido o cemento asfáltico se procede a colocar la muestra previamente diluida, en el picnómetro a dos tercios de su capacidad total, se deja enfriar a temperatura ambiente, como se aprecia arriba en la figura 5 Cuidando que al momento de colocar la muestra en el picnómetro se ponga en contacto con las paredes del mismo por encima del nivel final para evitar la creación de burbujas de aire. Se

introduce este en el baño de agua a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, por un lapso de tiempo de 30 minutos.

- ✓ Se retira del baño el picnómetro, se seca con una toalla y posteriormente se procede a pesarlo. Este dato se debe anotar como picnómetro más cemento asfáltico a 25°C .
- ✓ Se llena la otra porción del picnómetro con agua destilada y se sumergen en el baño de agua a temperatura de 25°C durante un periodo de 30 minutos
- ✓ Luego de transcurrido el lapso de tiempo de enfriamiento, se procede a secar el picnómetro con una toalla, teniendo cuidado que el menisco en el orificio del tapón este a nivel con la superficie del mismo. Se pesa el picnómetro y este valor se anotara, como: picnómetro + agua + cemento asfáltico a 25°

Procedimientos para cálculos.

La gravedad específica del asfalto (G_e) se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$G_e = \frac{(G_a - G_p) - (G_{aw} - G_a)}{(G_w - G_a)}$$

G_e = Gravedad específica.

G_p = Peso del picnómetro.

G_w = Peso del picnómetro + agua destilada.

$G_a = \text{Peso del picnómetro} + \text{cemento asfáltico}.$

$G_{aw} = \text{Peso del picnómetro} + \text{cemento asfáltico} + \text{agua destilada}.$

5.3.1.4 MÉTODO DE ENSAYO DE PENETRACIÓN (ASTM D5 - AASHTO T49-97)

Objetivo General.

En este ensayo se describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la consistencia de los materiales bituminoso de naturaleza sólida o semisólida utilizado en construcción de carretera.

Alcance.

Establecer los parámetros que nos permitan clasificar los materiales bituminosos mediante su penetración.



Figura 5.7 Equipos requeridos para el ensayo.

DESCRIPCION DEL EQUIPO.

- ✓ Penetrómetro.
- ✓ Aguja estándar. Debe ser de acero inoxidable endurecido y templado, tendrá unos 50mm (2") de longitud y entre 1.00 y 1.02 de diámetro.
- ✓ Baño de agua con regulador de temperatura.
- ✓ Soporte universal.
- ✓ Mechero.
- ✓ Recipiente o molde para la muestra de un diámetro de 55 mm (2.17") y una profundidad de 35 mm (1.38").
- ✓ Frasco de vidrio (desecador).
- ✓ Termómetro.
- ✓ Reloj indicador de minutos con alarma.
- ✓ Linterna.
- ✓ Paño limpio.
- ✓ Horno.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

1. Se coloca la muestra de cemento asfáltico en el horno para ser calentado hasta una temperatura tal, que este suficientemente fluido, evitando sobrecalentamiento (véase figura 5.8).
2. Se pesa 400 g a 500 g del material bituminoso en un envase apropiado tal, que nos permita la mejor maleabilidad.
3. Se vierte el material bituminoso, ya fluido, en el recipiente de 55 mm de diámetro, 35 mm de profundidad y 88,5 ml de capacidad, hasta unos milímetros de su tope (10mm a la penetración supuesta), como se aprecia en
4. Se vierten dos porciones de muestras separadas, por cada variación en las condiciones de ensayo (véase figura 5.9).



Figura 5.8 Calentamiento del Cemento Asfáltico



Figura 5.9 Agregado del Cemento asfáltico fluido en el recipiente



Figura 5.10 Recipiente con Cemento Asfáltico

5. Se aplica ligeramente la llama del mechero a la superficie del producto bituminoso para eliminar las burbujas que contiene la muestra. Esta operación usualmente dura menos de un minuto.

Se deben colocar las muestras en un recipiente de vidrio, como el que se aprecia en la figura 5.9 y se tapan para protegerlas del polvo y permitir la eliminación de posibles burbujas de aire, se dejan reposar hasta que alcancen el grado de temperatura ambiente entre (20 °C y 30 °C) por un periodo de 1 a 1½ horas.

7. Al terminar el periodo de enfriamiento se coloca la muestra en un recipiente con agua a una temperatura especificada de 25°C, por un periodo de 1 a 1½ horas, al mismo tiempo (véase fig, 5.13)



Figura 5.11 Calentamiento del Cemento Asfáltico



Figura 5.12. Muestras de Cemento Asfáltico en el desecador



Figura 5.13 Colocación del Cemento Asfáltico en recipiente con agua

8. Caliente la muestra cuidadosamente, agitando para prevenir sobrecalentamientos locales, hasta que esté lo suficientemente fluida para vaciar. En ningún caso la temperatura debe elevarse más allá de 60°C sobre el punto de ablandamiento esperado para los alquitranes, de acuerdo con el Método de Ensayo ASTM D 36, o no más allá de 90°C sobre el punto de ablandamiento para el caso de los asfaltos. No caliente la muestra por más de 30 min. y evite la incorporación de burbujas en la muestra.

9. Vierta la muestra en la cápsula a una profundidad tal que cuando se enfríe a la temperatura de ensayo, la profundidad de la muestra sea a lo menos 10 mm mayor que la

profundidad a la cual se espera que la aguja penetre. Vierta dos porciones separadas para cada variación de las condiciones de ensayo.

10. Proteja la cápsula contra el polvo, cubriéndola con un vaso y déjela enfriar al aire a una temperatura entre 15 y 30°C, entre 1 y 1,5 h. para una cápsula pequeña (90 ml) y 1,5 y 2 h., para el más grande (175 ml). Cuando utilice el transportador de cápsula, coloque las muestras junto con éste en el baño de agua, manteniéndolas a la temperatura de ensayo.

11. Las muestras en cápsulas pequeñas deben permanecer entre 1 y 1,5 h. y en las más grandes, entre 1,5 y 2 h.

12. Se debe colocar la muestra sobre la plataforma del aparato de penetración, de modo que la muestra esté debajo de la aguja y en una posición tal que el punto de contacto entre la aguja y la muestra sea al menos 1cm del borde del recipiente con la muestra (véase figura 9). Salvo que se especifique otra carga, se coloca un peso suplementario de 50 g sobre el vástago para obtener un peso móvil total de $100 \text{ g} \pm 0.1\text{g}$.

13. Inmediatamente se debe bajar la aguja hasta que la punta de esta haga contacto con la superficie de la muestra (véase figura 5.17) Se debe usar una fuente luminosa que permita visualizar cuando se unen la aguja con su imagen reflejada en la superficie de la muestra, este será el punto de contacto.



Figura 5.14 a. lectura a cero del penetrómetro
penetrómetro



Figura 5.14 b. Verificación de lectura del



Figura 5.14 c. Colocación del Cemento Asfáltico en
el penetrómetro



Figura 5.14 d. Contacto de la aguja del
penetrómetro con la superficie del Cemento
Asfáltico

14. Se coloca el indicador en cero, entonces se suelta la aguja rápidamente por el periodo de tiempo especificado (5 segundos).

15. Finalmente, se lee y anota la distancia, expresada en décimas de milímetro, que haya penetrado la aguja en la muestra.

16. Se realizarán al menos tres penetraciones en cada recipiente, sobre diferentes puntos de la superficie separados, como mínimo, 10 mm (3/8") entre sí y de las paredes del recipiente.

Nota 1: Después de cada penetración, se desmonta y saca la aguja y se limpia cuidadosamente con un trapo limpio y seco.

✓ Use el siguiente criterio para juzgar si los resultados de penetración son aceptables para asfaltos a 25°C. (El criterio de precisión para otras temperaturas está siendo determinado).

✓ Precisión para un solo operador

El coeficiente de variación determinado para un solo operador, es de 1,4% para penetraciones sobre 60 y la desviación estándar para un solo operador, desde 0,35 para penetraciones bajo 50.

Por lo tanto, los resultados de dos ensayos adecuadamente ejecutados por el mismo operador, con el mismo material de cualquier penetración y usando el mismo equipo, no deberían diferir uno del otro en más de 4% de su media o 1 unidad en otros casos.

✓ Precisión entre laboratorios

El coeficiente de variación encontrado entre laboratorios es de 3,8% para penetraciones sobre 60 y la desviación estándar entre laboratorios es de 1,4 para penetraciones bajo 50. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos adecuadamente ejecutados, con el mismo material de cualquier penetración y en dos laboratorios diferentes, no deberían diferir uno del otro en más de 11% de su media o 4 unidades en otros casos.

5.3.1.5 MÉTODO DE ENSAYO DE LA MANCHA (AASHTO T 102-83)

Objetivo General.

Este método es aplicable solamente a productos asfálticos derivados del petróleo; no debe aplicarse a asfaltos naturales que contienen materias no bituminosas insolubles en xileno.

A los materiales que mediante el uso del solvente normal se clasifican como positivos, se le puede determinar su grado de positividad por medio del “Equivalente de Xileno”. El equivalente de xileno será el menor porcentaje por volumen de xileno en un solvente compuesto de xileno y nafta normal oxileno y heptano normal, como se especifique, el cual produce una mancha “negativa” para el material en cuestión. Este se conoce como equivalente nafta xileno y heptano xileno, respectivamente. El porcentaje de xileno en los solventes se va agregando en incrementos de 5% respecto de la mezcla. Cuando no se especifica equivalente xileno, se usa solamente el solvente nafta normal.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. La nafta normal es el producto del primer destilado libre de cualquier clase de productos craqueados y que cumpla con los siguientes requerimientos:

-Gravedad A.P.I.	49 – 50
-Destilación:	
Punto de ebullición inicial	+ 149 °C
50% sobre	168 – 179 °C
Punto final bajo	210 °C
Nº Anilina	50 a 63 °C

El N° Anilina del solvente será determinado como se describe en la norma ASTM D 611.

Cuando se especifica el equivalente xileno, será químicamente puro, con un rango de temperaturas de ebullición entre 137– 140°C cuando destila de acuerdo con el Método de la Norma AASHTO T 115. Ensayos para destilación de gasolina, nafta, kerosén y productos similares del petróleo.

3. El heptano normal debe cumplir con los siguientes requerimientos:

-ASTM Motor Octone Number	0,0 ± 0,2
-Densidad a 20 °C (g/ml)	0,68375 ± 0,00015
-Índice refracción N_D a 20 °C	1,38775 ± 0,00015
-Punto de congelamiento (°C)	- 90,72 mínimo
-Destilación:	
50% recuperado (°C)	98,43 ± 0,05
Incremento de 20 a 80%	
Recuperado (°C)	0,20 máximo

Accesorios

Los accesorios requeridos son los siguientes:

4. Frascos de 50 ml capacidad, cualquiera de los dos modelos, Florence de boca ancha y fondo plano o modelo Soxhlet de aproximadamente 45 mm de diámetro por 60 mm de alto.

5. Corcho para frasco provisto con un tubo de vidrio de 200 mm de largo por 6 mm de diámetro.

6. Papel filtro Whatman N° 50 de 70 mm de diámetro.

7. Placa de vidrio. Limpie una placa lisa de vidrio claro, primeramente con tetracloruro de carbono, enseguida lave con jabón y agua, seque frotando, limpie con un limpia vidrio adecuado, seque frotando y deje libre de polvo e hilos. Después de este tratamiento de limpieza aplique una gota de la mezcla de asfalto sobre el vidrio, déjelo fluir hasta que se forme una mancha elíptica. Si la mancha es dentada y de contorno quebrado, nuevamente limpie el vidrio con un limpia vidrio adecuado hasta que una gota de la mezcla de asfalto fluya sin las características descritas.

8. Pipeta o bureta con 0,1 ml de graduación.

9. Termómetro de precisión ASTM 64C que cumpla con los requerimientos de la norma ASTM E1.

Extracción y preparación de muestra

Para asfaltos sólidos o semisólidos haga el ensayo al material original; para asfaltos líquidos del tipo curado lento que tengan menos del 15% de volumen destilado bajo 360°C: “Método de Ensayo de Destilación de Asfaltos Cortados”; el ensayo puede hacerse sobre el material original excepto en casos de discusión, cuando se ha ejecutado en el residuo de la destilación especificado anteriormente. Para el resto de los asfaltos líquidos el ensayo en todos los casos se ejecuta sobre el residuo proveniente de la destilación.

PROCEDIMIENTO

1. Pese una muestra de $2 \pm 0,02$ g e introdúzcala en el frasco; si no fluye fácilmente a la temperatura ambiente, caliente el frasco con la muestra cuidadosamente, hasta que pueda extenderse en una película delgada que cubra el fondo del frasco y permita que enfríe a temperatura ambiente.

a) Con la pipeta o bureta introduzca en el frasco 10,2 ml del solvente especificado; ponga rápidamente el corcho con el tubo de 200 mm de largo, tome el frasco del cuello, y dé vueltas en forma de remolino, con un movimiento rápido durante 5 seg. Introduzca lentamente el frasco en un baño de agua hirviendo por un lapso de 55 seg. (menos el caso de una muestra de un líquido delgado el cual no es necesario calentar).

b) Retire el frasco del baño y gírelo en su eje durante 5 seg., introdúzcalo nuevamente por otros 55 seg.; repita el procedimiento minuto a minuto, hasta que obtenga la dispersión total, observada inclinando el frasco y girándolo.

2. Una vez completa la dispersión, baje el tubo de vidrio hasta sumergirlo en la solución y déjelo enfriar durante 30 min. a temperatura ambiente. La mezcla solvente asfalto se calienta por 15 min. en un baño de agua y se mantiene a la temperatura de $32 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; luego se agita completamente por medio de una varilla de vidrio limpia y con ésta se deja caer una gota de la mezcla caliente sobre el papel filtro Whatman N° 50.

3. Después de 5 min. se examina la mancha caliente del papel con el brazo estirado, con el plano del papel aproximadamente en ángulo recto a la línea de visión y con una buena fuente de poder (luz de día difusa) a la espalda del observador. Si la gota forma una

mancha circular café o amarilla – café, con un sólido oscuro o núcleo anular en el centro, el ensayo se reporta como positivo.

4. Si, de cualquier modo, la gota forma una mancha circular uniforme café, el resultado deberá reservarse y la mezcla con solvente asfáltico dejarse a un lado en el frasco bien tapado y a temperatura ambiente con luz tenue para ser reensayada 24 h. después de su primer examen. La mezcla calentada a $32 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 15 min. como antes, debe ser vigorosamente agitada hasta que sea uniforme; coloque una gota nuevamente en el papel filtro. Si la gota de la mezcla de las 24 h. aún forma una mancha circular café, el ensayo debe informarse como negativo, pero si un sólido oscuro o núcleo anular como el descrito en el párrafo anterior se forma en el centro de la mancha, el ensayo debe informarse como positivo.

Procedimiento en el caso discutible

5. En caso de discusión, el ensayo completo debe repetirse. Cualquier pérdida en la masa del solvente durante la dispersión debe completarse con solvente adicional y el frasco, después de la dispersión completa, debe mantenerse con luz tenue y a la temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 h, hasta efectuar el ensayo. Una gota de mezcla con solvente asfáltico calentada por 15 min. a $32 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ debe colocarse sobre el papel filtro y sobre la placa de vidrio.

Si la aparición de la gota en el papel filtro, ya sea con la mezcla preparada fresca o con la de 24 h, sigue en discusión, entonces el ensayo hecho en la placa de vidrio de la manera que se especifica más abajo será definitivo.

5. La gota de la mezcla de 24 h debe colocarse sobre la placa de vidrio manteniéndola en un ángulo de 45° sobre la horizontal. Si a medida que la gota fluye, ésta desarrolla en el centro de su trayectoria una línea mate sin punta, el exterior de la cual está bien definida contra lo suave, limpio y café lustroso de la zona exterior, cuando el vidrio se examina por luz reflejada contra un fondo oscuro, el ensayo debe informarse como positivo.

6. Si una gota de la mezcla de las 24 h fluye uniformemente en una película café lustrosa y limpia, sin la línea central que se describió en el párrafo anterior, el ensayo se informará como negativo.

Método equivalente de xileno

7. Cuando el método usado es por “equivalente de xileno”, el ensayo es el mismo especificado antes, excepto que el solvente deberá estar compuesto ya sea por xileno y la nafta normal o por xileno y un heptano normal, según se especifique.

8. Para determinar el xileno equivalente, dos o más muestras del asfalto por examinar deben dispersarse en la mezcla del solvente prescrito. El porcentaje de xileno se hace variar mediante incrementos sucesivos de 5% en volumen con respecto de la mezcla, hasta que se encuentren dos soluciones con asfalto, una de las cuales muestre una mancha positiva, mientras que la siguiente (en la cual el solvente contenga 5% más de xileno) muestre una mancha negativa. El xileno equivalente puede informarse como el porcentaje de xileno en los dos solventes usados en estas dos soluciones, por ejemplo: 10 – 15% de nafta xileno equivalente o 20 – 25% heptano xileno equivalente, según sea el caso.

9. Cuando la aceptación de un material se basa en el xileno equivalente especificado, el porcentaje más bajo exacto de xileno que produce una mancha negativa no necesita determinarse. La muestra puede ensayarse con solvente compuesto de los porcentajes especificados de xileno y nafta normal o xileno y heptano normal, según se requiera, y cualquier material que muestre mancha negativa para este solvente debe informarse como menor que el xileno equivalente particular para el cual ha sido diseñado, por ejemplo: menor que 20% de nafta xileno equivalente o menor que 35% Heptano xileno equivalente.

5.3.1.6 MÉTODO PARA DETERMINAR LA DUCTILIDAD (ASTM D 113 AASHTO T51-00)

OBJETIVO.

La ductilidad de un material bituminoso es la longitud, medida en cm., a la cual se alarga (elongación) antes de romperse cuando dos extremos de una briqueta, confeccionada con una muestra y de la forma descrita en 1 se traccionan a la velocidad y temperatura especificadas. A menos que otra condición se especifique, el ensayo se efectúa a una temperatura de $25 \pm 0,5$ °C y a una velocidad de 5 cm/min \pm 5%. Para otras temperaturas deberá especificarse la velocidad.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Moldes

El molde, de bronce o zinc, debe ser similar en diseño al mostrado en la Figura 5.14; los extremos b y b' se denominan clips y las partes a y a', lados del molde. Cuando se arme el molde se obtendrá la briqueta especificada, con las dimensiones que se indican:

A: Distancia entre los centros: 111,5 a 113,5 mm

B: Largo total de la briqueta: 74,5 a 75,5 mm.

C: Distancia entre clips: 29,7 a 30,3 mm.

D: Borde del clip: 6,8 a 7,2 mm.

E: Radio del clip: 15,75 a 16,25 mm.

F: Ancho mínimo de la sección transversal: 9,9 a 10,1 mm.

G: Ancho de la boca del clip: 19,8 a 20,2 mm.

H: Distancia entre los centros de radio: 42,9 a 43,1 mm.

I: Diámetro del orificio del clip: 6,5 a 6,7 mm.

J: Espesor: 9,9 a 10,1 mm

2. Baño de agua

Mantenga el baño a la temperatura de ensayo especificada, con una tolerancia de $\pm 0,1$ °C. El volumen mínimo de agua es de 10 l. Sumerja la muestra a una profundidad no menor que 10 cm. y apóyela sobre una bandeja perforada, ubicada a no menos que 5 cm. del fondo del baño.

3. Ductilímetro

Para fraccionar las briquetas de material bituminoso se puede usar cualquier aparato construido de modo que la muestra se mantenga continuamente sumergida en agua,

como se especifica en 7, al mismo tiempo que los clips se fraccionan a una velocidad uniforme y sin vibraciones excesivas. Este aparato debe ser termo regulable para mantener la temperatura especificada en forma homogénea en toda la masa de agua, dentro de la tolerancia indicada en 8.

4. Termómetros

El termómetro por utilizar será ASTM 63 C con un rango de temperatura entre -8 y 32 °C; debe cumplir los requerimientos descritos en la Norma ASTM E1.

PROCEDIMIENTO

1. Preparación del molde

Arme el molde sobre una placa base; cubra cuidadosamente la superficie de la placa y las superficies interiores de los lados a y a' del molde (Figura 5.15) con una película delgada de antiadhesivo para prevenir que el material por ensayar se adhiera. La placa sobre la cual se coloca el molde debe estar perfectamente plana y a nivel, de modo que la superficie inferior del molde esté completamente en contacto.

2. Moldeo de las muestras para el ensayo

Caliente la muestra con cuidado, previniendo calentamientos locales, hasta que esté suficientemente fluida para verter. Sin embargo, durante el calentamiento, la temperatura no debe exceder de 80 a 110 °C por encima del punto de ablandamiento esperado.

Tamice la muestra fundida a través del tamiz $0,3$ mm (N° 50); luego continúe revolviendo y vierta el material dentro del molde. Durante el llenado cuide no tocar ni desarreglar el molde, de modo que no se distorsione la briqueta; vierta con un chorro

delgado hacia atrás y hacia adelante, de extremo a extremo, hasta que el molde quede por sobre el nivel de llenado. Deje enfriar a temperatura ambiente por un período de 30 a 40 min. y luego coloque en el baño de agua mantenido a la temperatura de ensayo especificada por 30 min. Luego recorte el exceso de ligante asfáltico con una espátula o cuchillo caliente, resistente y afilado, de modo que el molde se ajuste al nivel de llenado.

Nota 1: Como antiadhesivo o desmoldante se puede usar vaselina, silicona u otros.

3. Conservación de las muestras a la temperatura de ensayo

Coloque la placa y el molde con la briqueta en el baño de agua y manténgala por un período de 85 a 95 min. a la temperatura especificada; luego quite la briqueta de la placa, separe las partes a y a' e inmediatamente ensaye la briqueta.

4. Ensayo

Enganche los anillos de cada extremo de los clips a las clavijas del ductilímetro y sepárelos a la velocidad uniforme especificada hasta la ruptura de la briqueta; se permite una tolerancia de $\pm 5\%$ para la velocidad especificada. Mida la distancia en cm. entre los clips traccionados en el momento de producirse la ruptura. Durante el desarrollo del ensayo, el agua en el estanque del ductilímetro cubrirá la briqueta a lo menos 2,5 cm. y ésta se mantendrá continuamente a la temperatura especificada con una tolerancia de $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

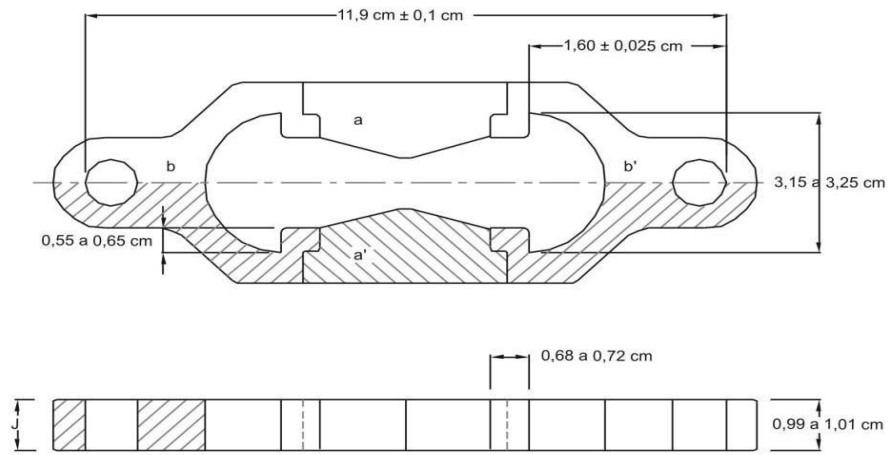


Figura 5.15 a. - molde para ductilidad de muestra de ensayo.

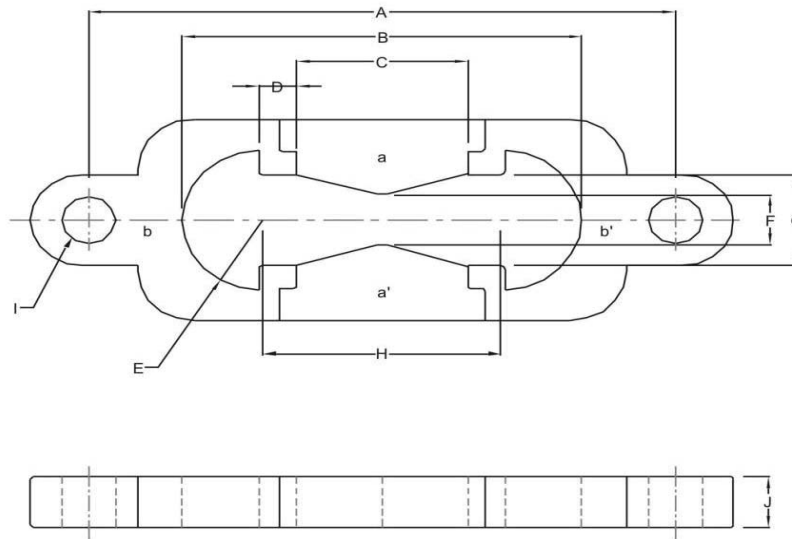


Figura 5.15 b. - molde para ensayo de ductilidad

5.3.1.7 MÉTODO PARA DETERMINAR LOS PUNTOS DE INFLAMACIÓN Y COMBUSTIÓN MEDIANTE LA COPA ABIERTA DE CLEVELAND (ASTM D1310-01 AASHTO T79-96)

OBJETIVO.

Este método nos permite identificar la determinación de los Puntos de Inflamación y Combustión por medio de la copa abierta de Cleveland, para productos del petróleo y otros líquidos, excepto aceites combustibles y materiales que tienen un punto de inflamación por debajo de 79°C determinado por medio de este método de ensayo.

ALCANCE:

Conocer los parámetros de temperatura a la cual se puede almacenar y manipular los materiales bituminosos sin presentar riesgos de incendio.

EQUIPO Y MATERIAL.



Figura 5.16 equipo a utilizar.

- ✓ Copa Abierta de Cleveland estándar de 2 ½” De Diámetro.

- ✓ Dispositivo de calentamiento eléctrico con regulador de temperaturas.
- ✓ Aplicador de llama.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Horno o estufa.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se tomará como referencia el punto de Inflamación reportado en la carta técnica suministrada por el productor.

Nota 1: Cuando se carezca de la Carta técnica se tomará como referencia la temperatura especificada para el producto analizado.

NOTA: Para poder comprender más adecuadamente, a continuación se describe un pequeño ejemplo que se ilustrara a continuación.

Para el cemento asfáltico clasificado como A-20, la temperatura del Punto de Inflamación será mayor de 232 °C, según las especificaciones.

- ✓ La muestra a ensayar se colocará en una estufa a una temperatura, que permita que esta sea lo suficientemente fluida para poder transferirla al recipiente de ensayo (Copa Cleveland) (véase figura 5.16). Se debe tener la precaución de no calentar la muestra a una temperatura mayor de 150°C.

- ✓ Se debe verificar que el recipiente, el soporte y el termómetro estén limpios y secos, para luego transferir la muestra a ensayar al recipiente, llenando el mismo hasta el nivel marcado en la copa (véase figura 5.17).

Nota 2: Se recomienda colocar la muestra en la copa en forma espiral para evitar la formación de burbujas de aire.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.

- ✓ Se debe colocar el vaso en el soporte y el termómetro con el bulbo suspendido a 6.4 mm. del fondo, en el punto medio entre el centro y el borde del vaso.
- ✓ Caliente la muestra uniformemente de modo que la rata de crecimiento de temperatura este entre 14 °C a 17°C por minuto, hasta llegar a 56 °C aproximadamente por debajo del punto de inflamación esperado.
- ✓ A partir de este momento se disminuye la temperatura de calentamiento de manera que la velocidad de incremento en los últimos 28 °C sea de 5 °C a 6 °C por minuto. Cuando se ha llegado a una temperatura de 28 °C ante del punto de inflamación previsto aplique la llama de prueba cada vez que se incrementa 2 °C.
- ✓ Se pasa la llama de prueba con un movimiento suave y continuo, ya sea en línea recta o a lo largo de una circunferencia que tenga un radio por lo menos 150 mm. El centro de la llama de prueba se debe mover horizontalmente no más de 2 mm de la parte superior de la copa y pasado en una sola dirección y la siguiente aplicación debe hacerse en forma inversa, no debiendo tardarse en cada pasada más de un segundo. Se anota la temperatura leída en el termómetro cuando se

produzca el primer destello en algún punto de la superficie de la muestra durante una pasada.

Nota 3: No debe confundirse como verdadero destello que indica el punto de inflamación, con el halo azulado que, a veces, rodea la llama de prueba

- ✓ Para determinar la combustión, se continúa calentando el material a la misma velocidad de 5 °C a 6 °C por minutos y se sigue pasando la llama de prueba cada 2 °C de elevación de temperatura. Se anota la temperatura leída en el termómetro, a la que el material arde y se mantiene la llama durante, al menos, 5 segundos.

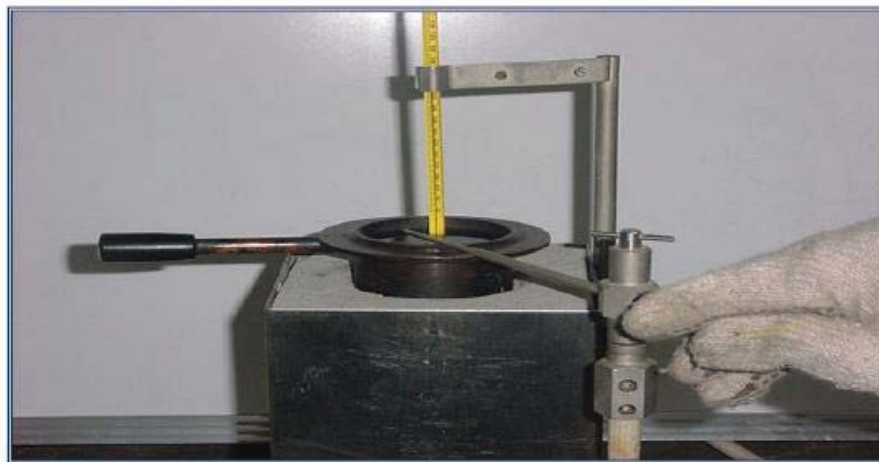


Figura 5.17 colocación del vaso en el soporte y el termómetro.

PRECISION.

Para juzgar la aceptabilidad de los resultados, se seguirán los siguientes criterios (95% de probabilidad):

Repetitividad: Los resultados realizados por duplicado obtenido por el mismo operador y laboratorio sobre una misma muestra, se consideran erróneos si difieren en más de las siguientes cantidades:

- ✓ Punto de inflamación 8 °C.
- ✓ Punto de combustión 8 °C

Reproducibilidad: Los resultados realizados por distintos operadores y laboratorio sobre una misma muestra, se consideran sospechosas si difieren en las siguientes cantidades:

- ✓ Punto de inflamación 17 °C.
- ✓ Punto de combustión 14 °C.

5.3.1.8 MÉTODO PARA DETERMINAR LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA (ASTM D 2170 AASHTO T201-01)

OBJETIVO.

Este método abarca los procedimientos para determinar la viscosidad cinemática de asfaltos líquidos, aceites de caminos y residuos destilados de asfaltos líquidos, todos a 60°C, y de cementos asfálticos a 135°C, en el rango de 30 a 100.000 cSt (Nota 1).

Los resultados de este método pueden usarse para calcular la viscosidad cuando la densidad del material a la temperatura de ensayo es conocida o puede determinarse.

Nota 1: Este método es apropiado para ser usado a otras temperaturas, pero la precisión está basada solamente en la determinación en asfaltos cortados y aceites de caminos a 60 °C y cementos asfálticos a 135°C en el rango de viscosidad de 30 a 6.000 cSt.

EQUIPOS Y MATERIALES

Extracción y preparación de la muestra

Para minimizar la pérdida de constituyentes volátiles y obtener resultados reproducibles, proceda como sigue:

- ✓ Procedimientos para asfaltos cortados y aceites de caminos
- ✓ Para alcanzar la temperatura de la sala, son apropiadas las muestras en contenedores sellados.
- ✓ Abra el contenedor con la muestra y mezcle totalmente por agitación por 30 seg, teniendo cuidado para evitar la entrada de aire. Si la muestra está demasiado viscosa para su agitación, colóquela dentro del contenedor sellado en un baño u horno mantenido a $63 \pm 3^{\circ}\text{C}$, hasta que esté suficientemente líquida para agitarla.
- ✓ Inmediatamente cargue el viscosímetro o, si el ensayo se va a realizar más tarde, vacíe aproximadamente 20 ml en uno o más contenedores limpios de capacidad 30 ml e inmediatamente selle herméticamente.
- ✓ Para materiales con viscosidad a 60°C sobre 800 cSt, caliente los 20 ml de muestra en el contenedor sellado en un horno o baño mantenido a $63 \pm 3^{\circ}\text{C}$, hasta que esté

suficientemente líquido para transferirlo en forma adecuada al viscosímetro; este calentamiento no debe exceder de 30 min.

- ✓ Procedimiento para Cementos Asfálticos
- ✓ Caliente la muestra con cuidado para prevenir sobrecalentamientos locales hasta que llegue a estar suficientemente fluida para vaciarla; ocasionalmente agitar la muestra para ayudar a la transferencia de calor y asegurar uniformidad.
- ✓ Transfiera un mínimo de 20 ml en un contenedor adecuado y caliente a $135 \pm 5^{\circ}\text{C}$; agitando ocasionalmente para prevenir sobrecalentamientos locales, teniendo cuidado que no entre aire al interior de la muestra
- ✓ Mantenga el baño a la temperatura de ensayo dentro de un rango de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Si es necesario haga las correcciones a las lecturas del termómetro.
- ✓ Seleccione un viscosímetro limpio y seco, que dé un tiempo de flujo mayor que 60 seg, y precaliente a la temperatura de ensayo.
- ✓ 3 .Cargue el viscosímetro en la forma indicada para el tipo de diseño del viscosímetro
- ✓ Deje que el viscosímetro cargado permanezca en el baño el tiempo suficiente para alcanzar la temperatura de ensayo
- ✓ Inicie el flujo de asfalto en el viscosímetro
- ✓ Mida aproximando a 0,1 seg el tiempo requerido para que el borde del menisco pase de la primera marca de tiempo a la segunda. Si el tiempo de flujo es menor de 60 seg, seleccione un viscosímetro con un diámetro capilar menor y repita la operación

- ✓ Al finalizar el ensayo, limpie el viscosímetro prolijamente mediante varios lavados con un solvente apropiado que sea completamente miscible con la muestra y luego, mediante lavados con un solvente completamente volátil. Seque el tubo, haciendo pasar en forma lenta una corriente de aire seco y filtrado a través del capilar durante 2 min. o hasta que la última traza de solvente sea removida. Periódicamente limpie el viscosímetro con ácido crómico, para remover depósitos orgánicos; lave prolijamente con agua destilada y acetona libre de residuo y seque con aire seco filtrado.

CÁLCULOS

Calcule la viscosidad cinemática, con tres cifras significativas, usando la siguiente ecuación.

$$\text{Viscosidad Cinemática (cSt)} = C \cdot t$$

Donde:

C: Constante de calibración del viscosímetro (cSt/seg).

t: Tiempo de flujo (seg).

Nota 6: Otras publicaciones ASTM sobre viscosidad

5.3.1.9 MÉTODO DE ENSAYO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LLENANTE MINERAL (FILLER) PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS.

OBJETIVO.

Conocer el llenante mineral (Filler) con la gradación requerida según las especificaciones A.S.T.M. D 242.

MATERIAL Y EQUIPO.



Figura 5.18 Equipos requeridos

Balanza, con capacidad de 200 g y sensibilidad de 0,05 g.

Horno con control para mantener temperaturas uniformes hasta $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ ($230\text{ F} + 9\text{ F}$).

Tamiz: N° 200 (0,074 mm), N° 50 (0,29mm) y N° 30 (0,59 mm), tapa y fondo.

Bandejas de 60 cm x 60 cm x 5 cm.

Bandeja de 20 cm x 12 cm x 7 cm para secar muestras.

Brocha, cepillo metálico fino.

Brocha, pelo fino.

Cuchara de albañil.

Par de guantes de asbesto.

Tamizador mecánico para tamices de 20 cm de diámetro.

✓ PROCEDIMIENTO Y PREPARACION DE MUESTRAS.

Se debe obtener una muestra de ensayo de acuerdo a los requerimientos de la especificación A.S.T.M. D 242 y el ensayo reducido de acuerdo con la norma de cuarteo de muestra A.S.T.M. C 702. (Véase figura 5.18)

1. Se obtiene el material representativo, y se debe llevar al laboratorio. Se recomienda que cada muestra represente 5 toneladas del material recibido en la obra. Se recomienda la toma de material en una cantidad de aproximadamente. 1 Kg.

2. Se mezcla todo el material en estado seco. Se Cuartee el material hasta reducirlo a una cantidad que sea representativa para el ensayo, (véase figura 5.20) (método cuarteo Se recomienda usar un mínimo de 100 g. de material seco por cada tamiz de análisis.

3. La porción obtenida por cuarteo se coloca en el horno, (véase figura 5.21) para secar el material a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.



Figura 5.19 Toma de muestra

Figura 5.20 Cuarteo de muestra

Figura 5.21 Introducción de la muestra en el horno

5. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que el material llegue hasta un peso constante. Entendiéndose como peso constante cuando luego de dos pesajes sucesivos, el peso seco no varía en más de 0,1g de uno a otro El período de secado para lograr peso constante estará entre 4 horas mínimo y 18 horas máximo dependiendo de la temperatura del horno.

6. Después que el material ha sido secado hasta peso constante, se saca de horno y se pesa con el envase, como se aprecia en la figura 5. Se anota en la planilla de ensayo este peso con una precisión de 0,1 g.

Por ejemplo: Peso Muestra más tara 148,7 g

7. Verificar el estado de los tamices, y que el fondo y la tapa estén secos y limpios. Colocar el tamiz N° 200 (0,074mm) encima del fondo y vaciar la muestra en el tamiz N° 200 (0,074mm), se debe cubrir el conjunto con la tapa, (véase figura 6). Este ensayo es uno de los pocos en los cuales se puede vaciar la muestra directamente al tamiz N° 200 (0,074mm). Se permite porque la cantidad de la muestra es pequeña y casi todo el material Filler es de un tamaño tal que pasa el tamiz N° 200 (0,074mm).

8. Si no se ha pesado el envase antes del ensayo, se debe pesar y anotar el resultado en la planilla de ensayo.

Por ejemplo: Peso del recipiente 92,7g

9. Con tapa, tamiz N° 200 (0,074mm), y fondo en una mano se inclina un poco este conjunto, y se sube y golpea contra la otra mano que se mantendrá siempre en una misma posición, como se aprecia en la figura 5.24.



Figura 5.22 Peso del material



Figura 5.23 Vaciado de los tamices



Figura 5.24 Tamizado correcto de la muestra

10. Se golpea así a un ritmo aproximado de 150 golpes por minuto (véase figura 5.24)

11. Después de cada 25 golpes se gira este conjunto

1/6 parte de una revolución. Este es el movimiento estándar. La duración del tamizado será más de más de un minuto.

12. Se tamiza la muestra hasta que a través de la malla no pase más de 0,05 g después de un cernido.

Este tiempo se determina aproximadamente a base de pruebas con una porción del material cuarteado antes de iniciar el ensayo.

13. Al terminar el tiempo de cernido, se pasa el retenido en el tamiz N° 200 (0,074mm) a un envase, y se pesa la porción de la muestra que no pasó el tamiz N° 200 (0,074mm).

Se debe anotar este peso en el formato de ensayo.

Por ejemplo: Peso retenido, tamiz N° 200 (0,074mm) = 9,1 g

Colocar un fondo limpio debajo de un tamiz N° 50 (0,29 mm), y distribuir encima de su malla esta porción ya pesada, es decir, el material retenido en el tamiz N° 200 (0,074mm).

13. Con el conjunto de tapa, tamiz N° 50 (0,29 mm), y fondo, repetir el método de cernido a mano

14. Al terminar el tiempo de cernido, pasar el retenido en el tamiz N° 50 (0,29 mm) a un envase, y se debe pesar la porción de la muestra que no pasó el tamiz N° 50 (0,29mm), como se aprecia en la figura 9. Se debe anotar este peso en el formato de ensayo.

Por ejemplo: Peso retenido, tamiz N° 50 (0,29mm) = 7,7g

Colocar un fondo limpio debajo de un tamiz N° 30 (0,59 mm), y distribuir encima de su malla esta porción del material retenido en el material N° 50 (0,29 mm).

15. Repetir el método de cernido a mano, y anotar el peso del material retenido en el tamiz N° 30 (0,59 mm) en el formato de ensayo.

Por ejemplo: Peso retenido, tamiz N° 30 (0,59 mm) = 2,6 g

Al terminar esta última operación, se debe combinar de nuevo todo el material de la muestra para pesarlo y compararlo con el peso total inicial (véase figura 5.25).

16. También se puede usar el tamizador eléctrico. Se coloca la muestra en el tamiz superior del conjunto (10 mm) (véase figura 5.27) y se activa el tamizador por el tiempo previamente especificado.



Figura 5.25 Pesada de retenido por el tamiz N° 50



Figura 5.26 Pesada final del material



Figura 5.27 Tamizado eléctrico de la muestra

El porcentaje entre tamices consecutivos o porcentaje relacionado con el tamiz más grande, el N° 30 (0,59 mm) o porcentaje que pasa el menor de los tamices el N° 200.

5.3.1.10 MÉTODO DE ENSAYO DE DESTILACIÓN PARA ASFALTOS CORTADOS (ASTM D 402 AASHTO T78-96)

OBJETIVO.

Este método define el ensayo para la destilación de productos asfálticos cortados, así como el procedimiento mide la cantidad de constituyentes más volátiles en los productos asfálticos cortados. Las propiedades del residuo, después de la destilación, no son necesariamente características del ligante asfáltico usado en la mezcla original, ni del residuo que puede quedar después de cierto tiempo de utilizarse el producto asfáltico cortado. La presencia de silicona en los asfaltos cortados puede afectar al residuo del destilado por retraso en la pérdida de material volátil, después que el residuo ha sido vaciado al recipiente contenedor.

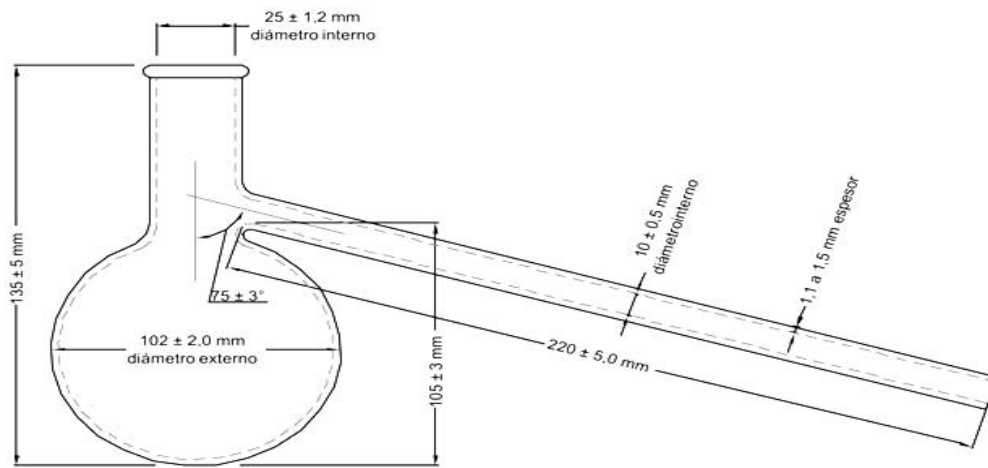
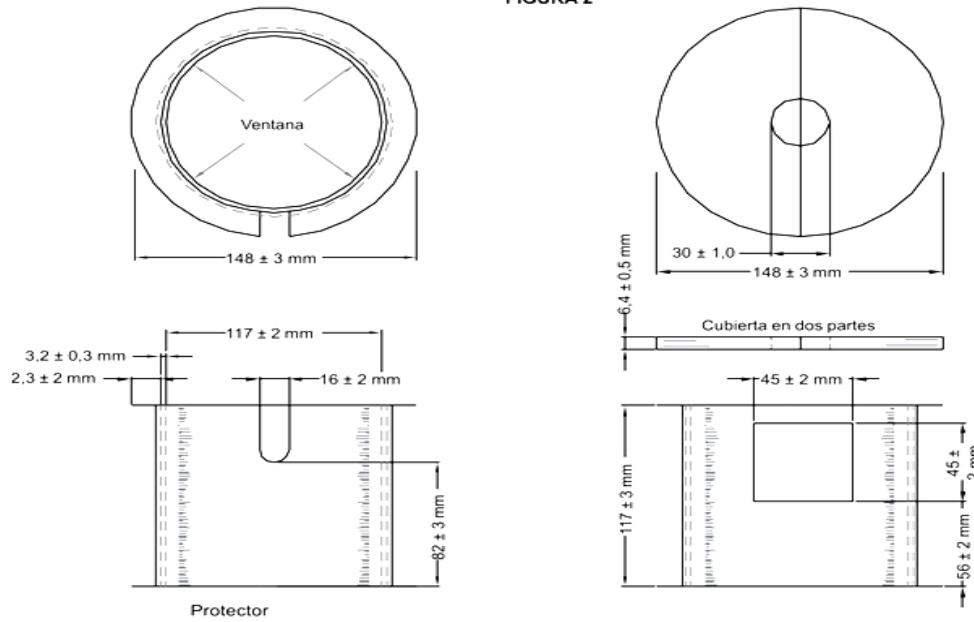


FIGURA 4



Cilindro de fondo abierto con reborde, hecho de lámina metálica 22 forrado con 3 mm de asbesto remachado al metal. Provisto de dos ventanas con ángulos rectos y una ranura en el fondo.

Dimensiones en mm.

Figura 5.28 matraz destilador.

a) Matraz de destilación

De 500 ml de capacidad con tubo lateral, que tenga las dimensiones mostradas en la Figura

✓ Condensador

Camisa de vidrio normal, de 200 a 300 mm de longitud, con tubo condensador de 450 ± 10 mm de longitud

✓ Adaptador

Pared de vidrio gruesa (1 mm), con refuerzo en el tope y un ángulo de aproximadamente 105° . El diámetro interior al final de la parte grande de 18 mm aproximadamente y al final de la parte pequeña, no menor de 5 mm. La superficie inferior del adaptador será una curva descendente suave desde el final de la parte mayor a la más pequeña. La línea interior del orificio de salida final debe ser vertical, y el orificio de salida será cortado, no pulido a fuego, en un ángulo de $45 \pm 5^\circ$ con la línea interior.

✓ . Camisa protectora

Hoja metálica medida 22, forrada con 3 mm de asbesto y provista con ventanas adecuadas transparentes, resistentes al calor y no de colorables, de la forma y dimensiones mostrada en la Figura 5.29, usada para proteger el matraz de corrientes de aire y para reducir la radiación. La cubierta es de dos partes de cartón prensado de 6,45 mm.

- ✓ Protector y soporte del Matraz

Dos mallas de abertura aproximada de 1,18 mm, tejidas de alambre de níquel - cromo u otro resistente al calor, de 150 x 150 mm, dispuestas sobre un trípode o anillo.

- ✓ Fuente de calor

Quemador a gas ajustable tipo Bunsen no equivalente.

- ✓ Recibidores

Probetas graduadas de 100 ml conforme a graduación B, (Figura 5.29 de la Norma ASTM E- 133, o recibidores de 100 ml crow conforme a British Standard N° 658: 1962 (Figura 5.29).

- ✓ Contenedor del residuo

Un recipiente de metal sin costura de 240 ml, con tapa deslizable, de 75 ± 5 mm de diámetro y 55 ± 5 mm de altura. Como medida de precaución, si el residuo se inflama después de vaciado, provéase de una tapa de material y tamaño adecuado para extinguir las llamas en el recipiente de hojalata de 240 ml.

- ✓ Termómetro

Termómetro 8 C, conforme a la norma ASTM E1 o termómetro 6 C IP conforme a la especificación IP para Termómetros Normales.

- ✓ Balanza

De 0,1 g de precisión.

Preparación del aparato para poder realizar la prueba.

- ✓ Calcule la masa de 200 ml de la muestra a partir del peso específico del material a 15,5° C. Pese esta cantidad $\pm 0,5$ g en el matraz de 500 ml.
- ✓ Coloque el matraz en la camisa protectora soportada por las dos mallas de alambre sobre un trípode o anillo. Conecte el tubo condensador con el tubo lateral del matraz con una unión de corchos hermética. Afirme el condensador de manera que el eje del bulbo del matraz a través del centro de su cuello esté vertical. Ajuste el adaptador sobre el final del tubo condensador, de manera que la distancia entre el cuello del matraz y el orificio de salida del adaptador sea 650 ± 50 mm
- ✓ Inserte el termómetro ajustadamente a través del corcho en el cuello del matraz de forma que el bulbo del termómetro permanezca en el fondo del matraz. Alce el termómetro a 6,5 mm desde el fondo del matraz, usando la escala de divisiones del termómetro para estimar los 6,5 mm como la distancia sobre la superficie del corcho.
- ✓ Proteja el quemador con un protector o chimenea adecuada. Coloque el receptor de manera que el adaptador alcance al menos 25 mm de la marca de 100 ml, pero nunca bajo ésta. Cubra la probeta cuidadosamente con un papel secante o material similar, de peso adecuado, previamente cortado para colocar el adaptador fácilmente.

- ✓ El matraz, tubo condensador, adaptador y receptor deben estar limpios y secos antes de comenzar la destilación. Coloque el recipiente del residuo de 240 ml con su cubierta en un área libre de corrientes de aire.
- ✓ Circule agua fría a través del tubo condensador. Use agua caliente, si es necesario, para prevenir la formación de sólidos condensados en el tubo condensador.

Extracción y preparación de la muestra.

- ✓ Agite completamente la muestra, calentando si es necesario para asegurar homogeneidad, antes de sacar una porción para análisis.
- ✓ Si existe agua suficiente para causar espuma o burbujeo ruidoso, deshidrate una muestra de no menos de 250 ml por calentamiento en un matraz de destilación suficientemente grande para prevenir espuma sobre el interior del tubo lateral. Cuando la espuma cese, detenga el destilado. Si algún aceite liviano ha destilado, separe y vacíe éste al interior del matraz cuando el contenido ha enfriado lo suficiente para prevenir pérdida de aceites volátiles.
- ✓ Mezcle el contenido del matraz completamente antes de extraer la muestra para análisis.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

- ✓ Corrija la temperatura observada en la destilación, si la elevación del laboratorio en el cual se realiza la destilación es 150 m más sobre el nivel del mar. Las

correcciones a las temperaturas por efecto de altitud se muestran en Tabla 1. Si conoce la presión barométrica predominante, en milímetros de mercurio, corrija aproximando a 1° C la temperatura observada con la corrección mostrada en Tabla 5.7

Nota 2).No corrija cuando la columna del termómetro esté en movimiento.

- ✓ Aplique calor de manera que la primera gota de destilado caiga del final del tubo lateral entre 5 y 15 min. Conduzca la destilación de manera de mantener las velocidades de gota que se indican (el conteo de las gotas debe hacerse en el extremo del adaptador). 50 a 70 gotas/ min. Para 260° C.-20 a 70 gotas/ min. Entre 260 y 316° C. No más de 10 min. Para completar la destilación desde 316 a 360° C. Anote los volúmenes de destilado en el recipiente aproximado a 0,5 ml, a la temperatura corregida. Si el volumen de destilado recuperado es crítico, use recipientes graduados en divisiones de 0,1 ml y sumergidos en un baño transparente, mantenido a $15,5 \pm 3^\circ \text{C}$.

Tabla 5.6 temperatura corregida para fracciones de destilado a distintas altitudes

Elevación sobre el Nivel del mar(m)	Temperaturas para Fracciones de Destilado a Distintas Altitudes (° C)				
-305	192	227	263	318	362
-152	191	226	261	317	361
0	190	225	260	316	360
152	189	224	259	315	359
305	189	224	258	314	358
457	188	223	258	313	357
610	187	222	257	312	356
762	186	221	256	312	355
914	186	220	255	311	354
1.067	185	220	254	310	353
1.219	184	219	254	309	352
1.372	184	218	253	308	351
1.524	183	218	252	307	350
1.676	182	217	251	306	349
1.829	182	216	250	305	349
1.981	181	215	250	305	348
2.134	180	215	249	304	347
2.286	180	214	248	303	346
2.438	179	213	248	302	345

- ✓ Cuando la temperatura alcance la temperatura corregida de 360° C, apague la llama y saque el matraz y termómetro. Con el matraz en posición de vaciado, saque el termómetro e inmediatamente vacíe el contenido en el recipiente para el residuo. El tiempo total desde que se corta la llama y comienza el vaciado no debe exceder de 15 seg. Cuando se está vaciando, el tubo lateral debe estar totalmente horizontal para evitar que el condensado en el tubo empiece a regresar al residuo.

- ✓ Cuando el residuo se enfríe, en el momento que deje de humear, mezcle completamente y vacíe en los recipientes para ensayar las propiedades tales como penetración, viscosidad o punto de ablandamiento, de acuerdo con estos Métodos, AASHTO, ASTM o IP, según se requiera.

Tabla 5.7 Factor para calcular correcciones de temperatura

Temperatura Nominal ° C	Corrección por mm Hg. de Diferencia en Presión(*) ° C
160	0,0514
175	0,0531
190	0,0549
225	0,0591
250	0,062
260	0,0632
275	0,065
300	0,068
316	0,0698
325	0,0709
360	0,0751

(*) Para restarlo, en caso que la presión barométrica esté bajo 760 mm Hg. o sumarse en caso que la presión esté sobre 760 mm Hg.

Corrección = (Presión observada - 760) x Corrección por mm Hg.

Ejemplo:

Presión barométrica = 748 mm Hg.

Temperatura Nominal observada = 260° C

Corrección = (748 - 760) x 0,0632 = 0,758

Temperatura = 260 - 0,758 = 259° C (redondeado para aproximar a 1° C)

24. Si se desea, el destilado o la combinación de destilados de varios ensayos puede someterse a un destilado adicional, de acuerdo con AASHTO T 115, o de acuerdo con AASHTO T 62 cuando el destilado es de origen alquitrán de hulla.

CÁLCULOS

Calcule el porcentaje de residuo aproximando a 0,1 punto porcentual como sigue:

$$R = \left[\frac{200 - DT}{200} \right] \times 100$$

Donde:

R: Contenido de residuo. (% en volumen).

DT: Destilado total recuperado a 360° C (ml).

Informe como el residuo de destilación a 360° C, porcentaje en volumen por diferencia

✓ Destilado total

Calcule el porcentaje total destilado aproximando a 0,1 puntos porcentuales como sigue:

$$DT \% = (DT / 200) \times 100$$

Infórmelo como destilado total a 360° C, porcentaje en volumen

✓ Fracciones destiladas

a) Determine los porcentajes de volumen de la muestra original dividiendo el volumen (en ml) de la fracción observada por 2. Informe como porcentaje de volumen aproximado a 0,1 punto porcentual como sigue:

✓ Hasta 190°C

✓ Hasta 225°C

✓ Hasta 260°C

✓ Hasta 316°C

b) Determine los porcentajes de volumen del total destilado dividiendo por el volumen en milímetros observado a 360°C y multiplicando por 100. Informe como el destilado, porcentaje en volumen del destilado total a 360° C, aproximando a 0,1 punto porcentual, como sigue:

✓ Hasta 190°C

✓ Hasta 225°C

✓ Hasta 260°C

✓ Hasta 316°C

Cuando la penetración, viscosidad u otro ensayo haya sido llevado a cabo, informe con respecto a este método como también cualquier otro método empleado.

5.3.2 ENSAYOS A LA MEZCLAS EN CALIENTE.

5.3.2.1 MÉTODO DE MUESTREO DE MEZCLAS (ASTM D 979 AASHTO T168-99)

OBJETIVO.

Este método describe el procedimiento para muestrear mezclas de materiales asfálticos con árido mineral usadas en pavimentos. Las muestras pueden usarse para cualquiera de los dos siguientes propósitos:

- ✓ Representar un promedio de la mezcla bituminosa.
- ✓ Determinar la variación periódica en las características de la mezcla con el propósito de controlar uniformidad.

Extracción y preparación de la muestra

- ✓ El muestreo es tan importante como el ensayo mismo. En consecuencia, el Laboratorista deberá tomar las precauciones necesarias para obtener muestras verdaderamente representativas de la mezcla bituminosa.
- ✓ Al muestrear se debe evitar la segregación del árido grueso y el mortero bituminoso. También se debe tener cuidado para prevenir la contaminación con polvo u otra materia extraña
- ✓ Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra está determinado por el tamaño máximo de las partículas de árido en la mezcla. El tamaño mínimo de la muestra deberá estar de acuerdo con los requisitos de la tabla 5.9

Tabla 5.8 Tamaño de la muestra bituminosa

Tamaño máximo Nominal del agregado (mm)	Mezcla a granel (Kg)	Area mezcla extendida (cm x cm)
2,5	2	15 x 15
5	2	15 x 15
10	4	15 x 15
12,5	6	20 x 20
20	8	25 x 25
25	10	30 x 30
40	12	30 x 30

Muestreo en plantas en el lugar de fabricación

- ✓ . Descargue una porción de la mezcla fresca formando un pequeño acopio, que se corta de un extremo a otro y reduce al tamaño deseado, remezclado y cuarteando. Si requiere una muestra que represente más de una porción, debe tomar muestras a intervalos regulares de acuerdo con el procedimiento antes descrito. Cuando haya muestreado la producción suficiente, todo lo extraído debe reducirse al tamaño deseado, mezclando y cuarteando en una superficie limpia y lisa. La muestra no podrá representar más de un día de trabajo. Si es necesario, la mezcla puede calentarse para facilitar el remezclado, pero sólo hasta una temperatura en que la mezcla resulte manipulable. Si las distintas muestras se toman con el objeto de determinar la uniformidad de la producción de la planta, no deben mezclarse y se ensayan separadamente.
- ✓ Obtenga muestras de los acopios sacando iguales cantidades de mezcla, excavando en la parte superior, media e inferior del acopio; luego readecue la muestra al tamaño requerido como se describió en 3.

Muestreo desde la Capa

- ✓ Puede tomar muestras desde la capa, aún sin compactar, cuando se desea complementar los controles de la Planta. Si desea conocer otras características de la mezcla, que dependan de la compactación de ésta, proceda a extraer testigos del pavimento terminado. Estos testigos deben cortarse de modo que no ocasionen distorsión en la mezcla y abarquen todo el espesor de la capa colocada.

Muestreo de mezclas confeccionadas en sitio

- ✓ Las muestras de mezclas confeccionadas en sitio se toman con el propósito de determinar tanto las propiedades físicas de la mezcla, el contenido de ligante asfáltico, como la uniformidad del contenido de ligante asfáltico.
- ✓ Si el muestreo es en cordones, corte el cordón de un lado a otro en todo su espesor, evitando la contaminación y luego reduzca al tamaño deseado, mezclando y cuarteando. Tome una muestra cada 70 m y ensaye en forma separada.
- ✓ Las muestras de pavimento terminado deben tomarse de la misma manera como se indica en “Muestreo desde la capa”.

Muestreo desde Camiones Transportadores

- ✓ Seleccione las unidades por muestrear por algún método al azar y enseguida tome por lo menos 3 porciones de cada una de las unidades seleccionadas, que sean aproximadamente iguales; mézclelas para obtener una muestra

representativa cuya cantidad iguale o exceda el mínimo fijado. Las porciones pueden obtenerse colocando recipientes en el camión en el momento en que se está cargando o cogiéndolas del camión con una pala carbonera.

Identificación de Muestras

- ✓ De cada muestra adjunte la siguiente información:
- ✓ Camino, sector y cualquier otro dato que identifique fielmente la obra.
- ✓ Fuente de obtención de la mezcla o identificación del cordón y fecha de confección.
- ✓ Tipo de ligante asfáltico y árido usados.
- ✓ Punto kilométrico y faja o lugar del muestreo.
- ✓ Cantidad representada.
- ✓ Fecha del muestreo.
- ✓ Propósito para el cual fue tomada la muestra.

5.3.2.2 MÉTODO PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ÁRIDOS PROVENIENTES DE EXTRACCIÓN (AASHTO T 30)

OBJETIVO.

Este método describe el procedimiento para determinar la distribución de tamaños de las partículas de áridos gruesos y finos extraídos de muestras bituminosas. Sirve para verificar el cumplimiento de la granulometría con la banda de trabajo y además entrega antecedentes para el control de calidad de las mezclas asfálticas.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Balanzas

Con capacidades de 5.000 y 2.000 g y precisión de 0,1 y 0,01 g, respectivamente.

2. Tamices

3. Horno

Capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

4. Recipientes

5. Otros

Espátula y escobilla de bronce.

PROCEDIMIENTO

1-Seque la muestra en horno hasta masa constante, a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. La masa total de la muestra corresponde a la suma del árido lavado y seco, el material fino en el solvente recuperado y el material fino retenido en el filtro.

2- Pese la muestra y colóquela en un recipiente; cúbrala con agua y adiciónale, en cantidad suficiente, un agente humectante, para asegurar la separación total del material que pasa tamiz 0,075 mm (N° 200) de las partículas más gruesas.

Agite vigorosamente el contenido del recipiente e inmediatamente vierta el agua de lavado sobre los tamices 2,36 mm (N° 8) y 0,075 mm (N° 200). Agite y revuelva el material manualmente o con una espátula.

Nota 1: La agitación debe ser lo suficientemente vigorosa para que se produzca la completa separación de todas las partículas más finas que 0,080 mm.

3-Remueva los finos en suspensión mediante decantación y lavado. Repita la operación hasta que el agua esté limpia.

Nota 2: Se debe evitar la pérdida de árido en esta operación.

3-Devuelva al recipiente todo el material retenido en los tamices; seque en horno el árido lavado hasta masa constante, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$. Pese, aproximando a un decimal.

4- Tamice el árido usando la serie indicada en las especificaciones, incluyendo el tamiz 0,075 mm. Registre la masa del material retenido en cada tamiz y la que pasa por el de 0,075 mm.

5- Compare la suma de las masas obtenidas en 10 con la masa del material seco después de lavado. La diferencia deberá ser menor que el 0,2 % de esta última.

6- La masa total del material que pasa tamiz 0,075 mm se obtiene sumando la determinada por tamizado en seco, la retenida en el solvente de la extracción y la removida por lavado.

7- La masa de las fracciones retenidas en los distintos tamices y el total que pasa 0,075 mm se expresan en porcentaje, dividiendo cada una de ellas por la masa total de la muestra definida.

EL INFORME DE CONTENER.

El informe deberá incluir al menos los siguientes antecedentes:

- ✓ Identificación del contrato y empresa contratista.
- ✓ Procedencia de la muestra y fecha de muestreo.

- ✓ Entidad responsable del muestreo.
- ✓ Fecha del ensayo.
- ✓ Entidad responsable del ensayo.
- ✓ Contenido (%) de asfalto.
- ✓ Granulometría de los áridos provenientes de la extracción.
- ✓ Cualquier otra información específica u observación relativa al ensayo.
- ✓ La referencia a este Método.

5.3.2.3 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE LIGANTE ASFÁLTICO EN MEZCLAS DE PAVIMENTO (POR MEDIO DE LA CENTRÍFUGA) –ENSAYO DE EXTRACCION.

OBJETIVO.

El objeto de este ensayo es describir el procedimiento para determinar el contenido de ligante asfáltico en las mezclas de pavimento y verificar la gradación de los agregados extraídos de mezclas bituminosas.

AICANCE.

Permite conocer en un diseño de mezcla asfáltica el porcentaje de ligante utilizado y el tipo de mezcla mediante su composición granulométrica.

MATERIAL Y EQUIPO.



Figura 5.30 Equipo requerido



Figura 5.31 Equipo requerido



Figura 5.32 requerido

- ✓ Centrifuga
- ✓ Horno capaz de mantener una temperatura regulada a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ✓ Mufla.
- ✓ Cápsulas de porcelanas (crisol).
- ✓ Filtros.
- ✓ Probeta graduada de 1000 ml.
- ✓ Probeta graduada de 100 ml.
- ✓ Espátulas.
- ✓ Brocha.

- ✓ Balanza con capacidad de 4kg.
- ✓ Plato caliente.
- ✓ Bidón con tapa para la colocación del solvente (xilol).
- ✓ Envase plástico con capacidad para 4 litros.
- ✓ Guantes de asbesto.
- ✓ Mascarilla.
- ✓ Pinzas sujetadoras
- ✓ Tamices (1 ½", 1", ¾, ½, ⅜, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 N° 200).
- ✓ Tamizadora eléctrica o mecánico.
- ✓ Cepillo metálico.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

1 .Se recomienda tomar una muestra representativa cuando se está en campo o planta.



Figura 5.33 Muestra representativa de material

2. En el laboratorio debe calentarse la mezcla en el tiempo suficiente como para poder remover con una cuchara de albañil. La temperatura de calentamiento no debe excederse de 110 °C.

3. Ya obtenida la muestra, se procede a cuartear el material con la cuchara de albañil, se debe utilizar dos bandejas para reducir las porciones por cuarteos, como se aprecia en la hasta el peso requerido para el ensayo.



Figura 5.34 Cuarteo de la muestra de cemento asfáltico

Nota 1: La cantidad de la muestra para el ensayo se determinará según el tamaño máximo nominal del agregado en la mezcla (véase tabla 5.10).

Tabla 5.9 Tamaño máximo nominal del agregado

Tamaño nominal máximo de agregado (mm)	Peso mínimo de la muestra (kg)
4.75 (No 4)	0.5
9.5 3/8	1.0
12.5 1/2	1.5
19.0 3/4	2.0
25.0 (1")	3.0
37.5 (1 1/2")	4.0

4. Se procede a colocar la porción obtenida mediante el cuarteo en una tara y se procede a pesarla (véase figura 5.35).

Nota 2: Este dato se debe anotar como peso de mezcla.

5. Se coloca el filtro para el ensayo en el horno a una temperatura de 105°C para evitar posible humedad en el filtro, por un periodo de 15 minutos (véase figura 5.36).

6. Ya transcurrido el lapso de tiempo se procede a pesar el filtro, como se aprecia en la figura 9 y se registra en la planilla como peso del filtro inicial en gramos.



Figura 5.35 Peso del material cuarteado



Figura 5.36 Pesada del filtro

7. Se distribuye uniformemente la muestra en el plato del equipo de centrifugación, teniendo precaución de que no haya pérdida de material (véase figura 5.37).

Nota 3: Cuando la muestra a ensayar sea mayor a la capacidad del equipo, divida la muestra y haga la extracción a cada una de las porciones de las misma.

Ejemplo 1: si el equipo tiene capacidad de 1.5 kg se hace la extracción de una muestra de 3 kg, en dos partes.

8. Se procede a añadir el solvente (Xileno) en la muestra colocada en el plato del equipo, como se aprecia en la figura 5.38.

9. Se agita la mezcla con una espátula para facilitar el desprendimiento del ligante de la misma como se aprecia en la figura 5.39.



Figura 5.37 Adición de la muestra en la centrífuga



Figura 5.38 Adición del solvente (Xileno) a la muestra



Figura 5.39 Agitación de la mezcla

10. Se deja sumergida la muestra con el solvente (Xileno) por un periodo máximo de una hora para disgregar la porción de muestra a ensayar (véase figura 5.39).

Nota 4: En el caso de que la mezcla sea reciente se puede dejar por un lapso de tiempo de (15 minutos

11. Ya colocado el filtro y la tapa del equipo se inician las revoluciones gradualmente hasta un máximo de 3600 revoluciones por minuto, se le coloca el solvente y se anota la cantidad de ml. que se le está agregando a la muestra para registrarlo en la planilla, se repite el ciclo por lo menos tres veces o hasta que el solvente salga limpio o como un ligero color pajizo (véase figura 5.40).

Nota 4: Es recomendable que se destape el equipo, y se retire el filtro cuidadosamente evitando que se pierda material adherido en el mismo, se le coloca el solvente y se remueve con la espátula facilitando así el desprendimiento del ligante de la muestra.

12. Se desmonta la tapa del equipo y se procede a limpiar el filtro con una espátula, como se aprecia en la figura 5.41, para remover el material adherido en el mismo colocándolo en una tara.



Figura 5.40 Extracción del solvente de la centrifuga



Figura 5.41 Limpieza del filtro

13. Luego se procede a retirar la muestra ya ensayada del plato del equipo y se coloca en una tara como se aprecia en la figura 5.41.

14. Debe limpiarse el plato con una brocha evitando que no quede material adherido en el mismo como se aprecia en la figura 5.42.

15. Se procede a colocar el filtro y la muestra en el horno a una temperatura de 110 °C durante un periodo de 18 a 24 horas como se aprecia en la figura 5.43.



Figura 5.42 Colocación de la muestra ensaya en tara

Figura 5.43 Limpieza del plato de la centrífuga

Figura 5.44 Colocación de filtro y muestra en el horno

5.3.2.4 MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS SIN COMPACTAR (ASTM D 2041)

OBJETIVO.

Este método permite determinar la densidad máxima teórica de mezclas asfálticas sin compactar, a 25°C, así como el porcentaje de ligante absorbido por los áridos de la mezcla, de modo de cuantificar la cantidad total o efectiva de asfalto requerida por la misma.

EQUIPO Y MATERIALES.

1. Recipientes para vacío

a) Se describen cuatro tipos de recipiente para vacío, cada uno de los cuales deberá ser capaz de mantener el vacío requerido, para lo que deberá disponer de los accesorios necesarios para la aplicación del procedimiento.

b) El tamaño del recipiente por usar dependerá de la cantidad mínima de muestra.

c) Descripción de los recipientes:

Tipo A: matraz aforado de vidrio con capacidad aproximada de 2.000 ml.

Tipo B: picnómetro de vidrio con capacidad aproximada de 4.000 ml.

Tipo C: picnómetro de metal con tapa transparente y capacidad aproximada de 4.500 ml.

Tipo D: picnómetro plástico con capacidad mínima de 10.000 ml.

2. Balanzas

a) Balanza de capacidad 5.000 g y resolución 0,1 g.

b) Balanza de capacidad 30.000 g y resolución 1 g.

3. Bomba de vacío

Capaz de producir una presión residual igual o inferior a 30 mm Hg.

4. Manómetro de presión residual

Capaz de medir una presión residual igual o inferior a 30 mm Hg.

5. Baño de agua.

Capaz de controlar y mantener una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

6. Horno

Horno de convección forzada; capaz de controlar y mantener la temperatura requerida dentro de $\pm 3^\circ\text{C}$.

7. Otros

Bol, espátula, piseta, vaselina sólida, termómetro y agua destilada.

Calibración de Recipientes

8. Recipientes Tipos A y B

Consiste en determinar a 25°C la masa exacta de agua necesaria para llenarlo.

- a) Llene el picnómetro con agua destilada a 25° C.
- b) Mantenga el recipiente en un baño de agua a 25° C durante 1 h.
- c) Seque cuidadosamente el recipiente y péselo.
- d) Designe la masa del picnómetro lleno con agua como MPa.

9. Recipientes Tipos C y D

Consiste en determinar, a una temperatura entre 22 y 27° C, la masa exacta de agua necesaria para llenarlo.

- a) Asegure la cubierta y llene el picnómetro con agua destilada a 25° C hasta casi el tope (deje libre aproximadamente 50 mm).
- b) Aplique vacío por 10 min., levante el picnómetro, primero de un lado y luego del otro, y déjelo caer desde aproximadamente 10 mm sobre la superficie.
- c) Agregue agua destilada a 25° C hasta llenar completamente el picnómetro.
- d) Elimine las burbujas que queden adheridas en las paredes interiores del recipiente.
- e) Seque prolijamente el exterior del picnómetro.
- f) Pese el picnómetro lleno con agua y designe su masa como MPa.
- g) Registre la temperatura del agua. Si ésta difiere del rango 22 - 27° C, repita el procedimiento de calibración.

Nota 1: La calibración de los recipientes debe chequearse periódicamente. El equipo debe mantenerse limpio y libre de cualquier contaminación. Se deben utilizar solventes adecuados, especialmente cuando se trate de recipientes plásticos. Los recipientes de vidrio no deben someterse a altos niveles de vacío si se encuentran dañados.

Tamaño de la muestra de ensayo.

El tamaño de la muestra de ensayo deberá estar de acuerdo al tamaño máximo nominal (TMN) del árido, según lo indicado en la Tabla 5.10 El tamaño de la muestra de ensayo.

TMN árido (mm)	Masa Mínima de Muestra (g)
37,5	4.000
25	2.500
19	2.000
12,5	1.500
9,5	1.000
4,75	500

Tabla 5.10 El tamaño de la muestra de ensayo de densidad de mezclas asfálticas sin compactar.

Procedimiento.

1-Separe manualmente las partículas de la muestra teniendo cuidado de no fracturar el árido, de modo que las partículas de la fracción de árido fino no sean mayores que 4,75 mm. Si la mezcla no está lo suficientemente blanda para ser separada, colóquela en un horno y caliéntela sólo hasta que sea manipulable.

2- Enfríe la muestra hasta temperatura ambiente.

3-. Pese la muestra y registre esta masa como Mm.

4- Coloque la muestra en el recipiente y agregue agua destilada hasta casi el tope de éste.

5- Aplique vacío por 10 min. Agitando su contenido periódicamente con un vibrador mecánico.

6- Inmediatamente después de remover el aire atrapado, continúe con uno de los siguientes procedimientos según el tipo de recipiente a utilizar:

a) Recipientes tipos A y B:

1. Llene completamente el recipiente con agua destilada y colóquelo en un baño de agua a 25°C.
2. Una vez alcanzada la temperatura de 25° C, deje el conjunto otros 10 min. Dentro del baño.
3. Saque el recipiente del baño y séquelo exteriormente.
4. Pese el recipiente lleno con agua y mezcla y registre su masa como MPam.

b) Recipientes tipos C y D:

Llene completamente el recipiente con agua destilada a 25° C.

Seque el exterior del recipiente.

Pese el recipiente lleno con agua y mezcla y registre su masa como MPam.

Registre la temperatura del agua; si no está en el rango de 22 a 27° C, repita el ensayo.

Nota 2: El tiempo empleado para llenar y secar cualquiera de los recipientes (A, B, C o D) debe ser igual al ocupado en la calibración, con una tolerancia de ± 1 min.

Cálculos.

7- Determine la densidad máxima de la mezcla sin compactar mediante la siguiente expresión, aproximando al entero.

$$D_{mm} = \frac{M_m}{M_m + M_{Pa} - M_{pam}} \rho_T$$

Donde:

D_{mm} : Densidad máxima de la mezcla sin compactar (kg /m³)

Mm : Masa de la muestra a temperatura ambiente (g)

MPa : Masa del recipiente lleno con agua (g)

MPam : Masa del recipiente lleno con agua y muestra (g)

ρ_T : Densidad del agua a la temperatura de ensayo (kg/m^3) ver tabla 5.11

Temperatura (°C)	ρ_T (Kg/m ³)
22	997,8
23	997,6
24	997,3
25	997,1
26	996,8
27	996,5

Tabla 5.11 de Densidad del agua a distintas temperaturas

- ✓ Procedimiento de ensayo para mezclas que contienen agregados porosos no cubiertos completamente.

8-Si los poros no están totalmente sellados por una película bituminosa, se pueden saturar con agua durante el proceso de vacío. Para determinar si esto ha ocurrido, proceda como se indica a continuación, una vez terminado el procedimiento indicado en 15 a) ó b), según corresponda.

9- Drene el agua de la mezcla con extrema precaución evitando la pérdida de árido (Se puede utilizar un tamiz N ° 200 para estos efectos).

10- Fracture algunas partículas de árido y examine visualmente si están húmedas.

- a) Si el árido no ha absorbido agua, deseche la muestra.
- b) Si el árido ha absorbido agua, remueva la humedad superficial utilizando un horno con convección forzada o ventilador, revolviendo la mezcla intermitentemente. Cuando la pérdida de masa sea menor que 0,05%, detenga el secado y registre la masa alcanzada por la muestra como M_{mss} .
- c) Calcule la densidad máxima de la mezcla con árido porosos no cubiertos completamente, de acuerdo a la siguiente expresión, aproximando al entero.

$$D_{mm} = \frac{M_m}{M_{mss} + M_{Pa} - M_{Pam}} \rho_T$$

Donde:

D_{mm} : Densidad máxima de la mezcla sin compactar (kg/m^3)

M_m : Masa de la muestra a temperatura ambiente (g)

M_{mss} : Masa de la muestra con superficie seca (g)

M_{Pa} : Masa del recipiente lleno con agua (g)

M_{Pam} : Masa del recipiente lleno con agua y muestra (g)

ρ_T : Densidad del agua a la temperatura de ensayo (kg/m^3). Ver Tabla 5.12

EXPRESION DE RESULTADOS

El resultado del ensayo será el valor promedio de tres determinaciones, aproximando al entero.

PRECISION.

El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de densidad obtenidos mediante este método, es el siguiente:

	Rango de aceptabilidad para dos resultados* (Kg /m³)
Precisión para un operador	11
Precisión para conjunto de laboratorios	19

Tabla 5.12 criterios para aceptabilidad de los resultados de los ensayos de densidad.

- ✓ Válido para resultados de ensayo obtenidos sin hacer uso de "Procedimiento de ensayo para mezclas que contienen áridos porosos no cubiertos completamente".
- ✓ Base de estimación: 3 determinaciones, 5 materiales, 5 laboratorios.
- ✓ Los valores anotados corresponden a las diferencias máximas permisibles para dos resultados de un mismo ensayo

INFORME

El informe deberá incluir al menos los siguientes antecedentes:

- a) Densidad de la mezcla (kg/m³).
- b) Tipo de mezcla.
- c) Tamaño de la muestra.
- d) Número de muestras.
- e) Tipo de recipiente.
- f) Procedimiento empleado.
- g) Contenido de asfalto (% referido al árido seco) para muestras preparadas en laboratorio.

5.3.2.5 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MARSHALL DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE (COMPACTADAS)
NORMA: AASHTO T245-97 /A.S.T.M. D 1559.

OBJETIVO.

Este procedimiento es aplicable a mezclas en caliente con cementos asfálticos que contengan áridos con tamaño máximo absoluto igual o inferior a 25 mm. Se puede usar tanto para el diseño en laboratorio como en el control de terreno, y describe una metodología para determinar el óptimo de asfalto en las mezclas así como las Propiedades Marshall de las mezclas asfálticas en caliente compactada.

ALCANCE: Este ensayo tiene por objeto describir el procedimiento que debe seguirse para determinar Las Propiedades Marshall de las mezclas asfálticas en caliente (compactadas).

Establecer los parámetros necesarios para determinar las cualidades y propiedades (estabilidad, fluencia, durabilidad, trabajabilidad, resistencia al deslizamiento) que debe tener la mezcla de pavimentación y seleccionar un tipo de agregado y un tipo compatible de asfalto que puedan combinarse para producir esas cualidades.

COMENTARIO

El Método Marshall se establece con el propósito de agrupar una serie de parámetros que permitirán obtener datos capaces de garantizar y optimizar los valores de cemento asfáltico para una combinación de agregados determinados. El método igualmente nos

proporciona información sobre las propiedades de la mezcla y establece valores de densidades y contenido óptimo de vacío los cuales deben ser cumplidos según las especificaciones, durante la ejecución del diseño y la construcción del pavimento.

EQUIPO REQUERIDO.



Figura 5.45 Equipo utilizado Prensa Marshall extractor de muestras

Prensa para ensayo Marshall

- ✓ Anillo de carga y medidor (estabilidad).
- ✓ Medidor de deformaciones (flujo).
- ✓ Mordaz
- ✓ Baño de María (regulador de temperatura)
- ✓ Equipo de compactación: moldes, placas de base, y collares de extensión. 3 martillos de compactación y un pedestal de compactación
- ✓ Extractor de muestras (véase figura 5.45)
- ✓ Plato caliente eléctrico: (60X30 cm), mínimo y con regulador de temperatura.
- ✓ Termómetro: tipo dial: con escala hasta (240°C) y sensibilidad de (3°C)
- ✓ Papel parafinado (Filtros) (Véase Figura 5.46).



Figura 5.46 Equipo de compactación y extractor de muestras

Figura 5.47 Equipos para ensayo Marshall



- ✓ Horno (Capacidad de 220 litros)
- ✓ Bandeja. 60 x 60 x 5 cm.
- ✓ Cronómetro
- ✓ Cuchara de granero.
- ✓ Espátula.
- ✓ Guantes de asbesto.
- ✓ Cuchara de mezclado.
- ✓ Ponchera metálica para mezclado.
- ✓ Balanza de capacidad 4 kg.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Luego de caracterizados los agregados y el ligante asfáltico se procede a definir la combinación de los agregados que participan en la mezcla, así como la estimación del porcentaje óptimo de ligante asfáltico aproximado.

1. Estimado del contenido de ligante de asfalto para estimar el contenido aproximado de ligante asfáltico de la mezcla que se pretende diseñar, se tomó como referencia la formula recomendada por el Instituto de Asfalto, la cual está basada en la distribución granulométrica de los agregados que participarán en la mezcla.

La fórmula es la siguiente:

$$P = 0,02a + 0,045b + 0,18c \quad (1)$$

Donde

P= Porcentaje de ligante asfáltico requerido en la mezcla, expresado como porcentaje en peso total de agregados.

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

b = Porcentaje de agregado que pasa el tamiz N° 10 y es retenida en el tamiz N° 200.

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

2. Combinación de

La combinación de agregados, se lleva a cabo por el método del tanteo, en base a la granulometría de los agregados agregados que participan en la mezcla, así como la estimación del porcentaje óptimo de ligante asfáltico aproximado.

1. Estimado del contenido de ligante de asfalto para estimar el contenido aproximado de ligante asfáltico de la mezcla que se pretende diseñar, se tomó como referencia la formula recomendada por el Instituto de Asfalto, la cual está basada en la distribución granulométrica de los agregados que participarán en la mezcla.

La fórmula es la siguiente:

$$P = 0,02a + 0,045b + 0,18c \quad (1)$$

Dónde.

P= Porcentaje de ligante asfáltico requerido en la mezcla, expresado como porcentaje en peso total de agregados.

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

b = Porcentaje de agregado que pasa el tamiz N° 10 y es retenida en el tamiz N° 200.

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

La combinación de agregados, se lleva a cabo por el método del tanteo, en base a la granulometría de los agregados

En principio se debe conocer la especificación granulométrica de la mezcla asfáltica que se desea diseñar.

Una vez definida esta, se procede a realizar los tanteos porcentuales con las granulometrías de los diferentes agregados que participan en la mezclas.

Ejecución del ensayo.

1. Ya realizado el cálculo de la combinación de los agregados se debe secar este en el horno, con un peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
2. Una vez seco el material se procede separarlo a través de los tamices de 1" (25,4 mm), $\frac{3}{4}$ " (19,4 mm), $\frac{1}{2}$ " (12,5 mm), $\frac{3}{8}$ " (9,5 mm), N° 4 (4,74 mm), N° 8 (2,36 mm), (véase figuras 5.48 y 5.49).



Figura 5.48 Tamizado de los agregados

--



Figura 5.49 Agregados separados por los diferentes tamices

3. Posteriormente se debe pesar la cantidad de bache, según el número de briquetas que se realizarán y de acuerdo al peso total de la mezcla, combinando los agregados de acuerdo a la granulometría determinada para la mezcla según las especificaciones.

4. Al tener elaboradas todas las pesadas para los diferentes % de Cemento Asfáltico (C.A.), se procede a colocarlas en el horno, como se aprecia en la figura 5.51, calentándolas a una temperatura de mezclado de $150^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

5. Al llegar los agregados combinados a la temperatura de mezclado, se incorpora a cada bache el porcentaje de C.A correspondiente para cada uno.



Figura 5.50 Pesada de los agregados



Figura 5.51 Adición del C.A. a los agregados

6. Se mezcla de tal manera que la combinación de agregados y C.A, se unan uniformemente. El mezclado no debe exceder de 3 minutos. Si se utiliza un mezclador mecánico la operación no debe exceder de 1 minuto (véase figura 5.52).

7. Simultáneamente con la preparación de la mezcla, el conjunto de collar, placa de base y la cara del martillo de compactación, se limpian y calientan en una plancha caliente a una temperatura entre 93°C y 149°C (véase figura 5.53).

Antes de verter la mezcla dentro del molde coloque un papel parafinado, esto para evitar que la mezcla se adhiera al molde (véase figura 5.54).



Figura 5.52 Mezcla de los agregados y C.A.



Figura 5.53 Calentamiento del equipo para compactar la mezcla



Figura 5.54 Colocación de papel parafinado en el molde

8. Luego de realizado el mezclado, manteniendo la temperatura especificada, se procede a colocar la mezcla dentro del molde Marshall (véase figura 5.55).

9. Una vez colocada la muestra se debe punzar la misma, 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces en su interior, como se aprecia en la figura 1.

10. Luego se coloca otro papel parafinado encima de la muestra y a continuación se debe introducir el martillo Marshall dentro del molde para dar inicio a la compactación.

11. Aplíquese los golpes según las especificaciones, de acuerdo con el tráfico de diseño y empleándose el martillo de compactación de caída libre de 457mm (18") (véase figura 5.57).



Figura 5.55 Colocación de la mezcla dentro del molde Marshall



Figura 5.56 Punción de la muestra



Figura 5.57 Aplicación de golpes a la mezcla

12. Las briquetas una vez compactadas se deben dejar en los moldes mínimo dos horas, hasta que estas se enfríen a temperatura ambiente (véase figura 5.58).

Tabla 5.13 Especificación por tráfico de diseño

Tipo de trafico	Nº de golpes por cara
Liviano	35
Mediano	50
Pesado	75

13. Seguidamente se extraen las briquetas de los moldes utilizando el extractor de muestras universal y se procede a enumerar las briquetas para identificar los contenidos de C.A. (véase figura 5.59)

14. Se determina la altura y el diámetro de cada una de las briquetas, utilizando para ello un vernier (véase figura 5.60), todo esto datos deben ser registrados en la planilla correspondiente.



Figura 5.58 Briquetas en reposo en los moldes Figura 5.59 Identificación de briquetas Figura 5.60 Medición de las briquetas

15. Enumerada todas las briquetas, se procede a determinar la densidad de cada una de ellas. La densidad de una briqueta es la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de un material permeable, a una temperatura especificada y la masa a la misma temperatura de un volumen igual al agua destilada.

- ✓ Determinación de la densidad de la mezcla compactada

A continuación se describe el procedimiento a seguir para determinar la densidad de la mezcla compactada:

a. Peso en el aire: En una balanza con apreciación de 0,01gr se determina el peso en el aire de la mezcla compactada (véase figura 5.61), este valor se anotará en la planilla correspondiente.

b. Peso en agua: Se sumerge la briqueta en el baño de agua de la balanza hidrostática durante un periodo de un minuto como se aprecia en la figura 5.61 y se procede a registrar el peso de la briqueta en agua en la planilla.

c. Peso saturado superficie seca: Se extrae la briqueta del baño de agua de la balanza y rápidamente se seca superficialmente con un paño absorbente y se pesa nuevamente en el aire (véase figura 5.63). Se registra el valor obtenido en la planilla correspondiente.



Figura 5.61 Peso en el aire de la briqueta



Figura 5.62 Briqueta sumergida en agua



Figura 5.63 Peso de la briqueta saturada

Determinación de los cálculos para la densidad de la mezcla compactada.

CÁLCULOS

1. Numeración de la briqueta según el porcentaje de cemento asfáltico.
2. Porcentaje de cemento asfáltico.

3. Altura de la briqueta.
4. Peso en aire de la briqueta.
5. Peso en agua de la briqueta.
6. Peso saturado superficie seca de la briqueta.
7. Volumen de las briquetas. (5 – 6)
8. Densidad de la mezcla compactada o briqueta. (4/7)

Tabla 5.14 datos de peso de briquetas.

Briqueta No. (1)	Asfalto (%) (2)	Altura (cm) (3)	Peso en (gr)			Volumen (cm ³) (7)	Peso Unitario (g./cm ³) (8)
			Aire (4)	Agua (5)	Aire sss (6)		
1	4,00	6,33	1.221,3	702,8	1.222,9	520,1	2,348
2	4,00	6,34	1.224,2	704,9	1.226,0	521,1	2,349
3	4,00	6,34	1.227,1	706,4	1.228,4	522,0	2,351
Promedio	4,00						2,349

1. Luego de determinada la densidad de cada una de las briquetas, se procede a colocarlas en el baño de maría a una temperatura de $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, por un periodo de 30 minutos (véase figura 5.64).
2. Ya transcurrido los 30 minutos se procede a retirar las briquetas del baño de maría y con la ayuda de un paño absorbente se debe secar superficialmente cada briqueta.
3. A continuación, se coloca centradamente la briqueta en la parte inferior de la mordaza, luego se debe montar la parte superior de la mordaza y colocar el conjunto de briqueta más mordaza en la prensa Marshall.

4. El medidor de flujo se deberá colocar en la posición de uso sobre una de las barras guía, ajustándolo en cero mientras se mantiene firmemente contra la parte superior de la mordaza (véase figura 5.65)

5. Con todo el equipo en posición se procede a aplicarle una carga a la briqueta a una rata de deformación constante de 50,8 mm (2”) por minuto, hasta que ocurra la falla o rotura (véase figura 5.66)



Figura 5.64 Briquetas en baño de María



Figura 5.65 Colocación de la briqueta en la prensa Marshall



Figura 5.66 Anillo de carga

6. El punto de rotura se define por la carga mínima obtenida. El número total de libras necesarias para producir la rotura de la muestra a 60 °C se anota como Valor de Estabilidad Marshall. Mientras se realiza el ensayo de estabilidad, se debe mantener sujeto firmemente el medidor de deformaciones (Flujo) en posición sobre la barra guía y se retira cuando se obtiene la carga máxima, se lee y anota esta lectura, que es el Valor del Flujo (véase figura 5.67). Esto tendrá expresado en centésima de pulgadas

Nota 1: Proceso completo de determinación de la estabilidad y Flujo a partir del momento en que se saca la briqueta del baño de maría debe completarse en un periodo de 30 seg



Figura 5.67 Sujeción del medidor de deformación

7. Cálculo de la densidad real seca ponderada de la mezcla de áridos

Cuando la mezcla está compuesta por dos o más áridos, todos con diferentes densidades reales, calcule la densidad real seca de la mezcla de áridos de acuerdo a la expresión:

$$\rho_{RS} = P_1 \cdot \rho_{RS1} + P_2 \cdot \rho_{RS2} + \dots + P_n \cdot \rho_{RSn}$$

Donde:

- ρ_{RS} : Densidad real seca de la mezcla de agregados.
- P_1, P_2, \dots, P_n : Porcentajes en peso de los áridos 1, 2, ... n, expresados en forma decimal.
- $\rho_{RS1}, \rho_{RS2}, \dots, \rho_{RSn}$: Densidades reales secas de los áridos 1, 2, ... n.

8. Cálculo de la densidad efectiva del árido.

Calcule la densidad efectiva del árido mediante la expresión:

$$\rho_{RS} = P_1 \cdot \rho_{RS1} + P_2 \cdot \rho_{RS2} + \dots + P_n \cdot \rho_{RSn}$$

Donde:

ρ_{RS} : Densidad real seca de la mezcla de agregados.
 P_1, P_2, \dots, P_n : Porcentajes en peso de los áridos 1, 2, ... n, expresados en forma decimal.
 $\rho_{RS1}, \rho_{RS2}, \dots, \rho_{RSn}$: Densidades reales secas de los áridos 1, 2, ... n.

9. Cálculo del porcentaje de asfalto absorbido.

El asfalto absorbido se expresa como un porcentaje referido al árido y se calcula con la

fórmula

siguiente:

$$P_{ba} = \left(\frac{1}{\rho_{RS}} - \frac{1}{\rho_E} \right) \times \rho_b \times 100$$

Donde:

P_{ba} : Porcentaje de asfalto absorbido, referido al árido (%).
 ρ_{RS} : Densidad real seca del árido (kg/m^3).
 ρ_E : Densidad efectiva del árido (kg/m^3).
 ρ_b : Densidad del asfalto (kg/m^3).

10. Cálculo de la densidad máxima de la mezcla para distintos contenidos de asfalto.

Al calcular el porcentaje de huecos de aire en la mezcla, es necesario conocer Dmm para cada porcentaje de asfalto considerado. Si bien esto se puede hacer a través cada contenido de asfalto, la precisión del ensayo es mejor cuando se aproxima al contenido de asfalto óptimo. Una vez obtenida la Dmm para un determinado contenido de asfalto y calculada la densidad efectiva del árido, calcule la Dmm de la mezcla para cualquier otro porcentaje de asfalto, de acuerdo a la fórmula:

$$D_{mm} = \frac{100 + P_b}{\frac{100}{\rho_E} + \frac{P_b}{\rho_b}}$$

Donde:

D_{mm} : Densidad máxima de la mezcla (kg/m^3).

P_b : Porcentaje de asfalto referido al árido (%).

ρ_E : Densidad efectiva del árido (kg/m^3), de acuerdo a 8.

ρ_b : Densidad del asfalto (kg/m^3).

12. Cálculo de los Vacíos en el árido mineral

El porcentaje de vacíos en el árido mineral (VAM), se calcula de acuerdo a la fórmula:

$$VAM = 100 \times \left(1 - \frac{G}{\rho_{RS}} \times \frac{100}{100 + P_b} \right)$$

Donde:

VAM: Porcentaje de vacíos en el árido mineral (%).

G: Densidad de la mezcla compactada (kg/m^3).

ρ_{RS} : Densidad real seca del árido (kg/m^3).

P_b : Porcentaje de asfalto referido al árido (%).

13. Cálculo del porcentaje de huecos de aire en la mezcla.

El porcentaje de huecos de aire en la mezcla (V_a), se calcula de acuerdo a la fórmula:

$$V_a = 100 \times \frac{D_{mm} - G}{D_{mm}}$$

Donde:

V_a : Porcentaje de huecos de aire en la mezcla (%).

D_{mm} : Densidad máxima de la mezcla (kg/m^3), de acuerdo a 10.

G : Densidad de la mezcla compactada (kg/m^3).

14. Cálculo del porcentaje de huecos llenos con asfalto.

El porcentaje de huecos llenos con asfalto (VLL), se calcula de acuerdo a la fórmula:

$$V_{LL} = 100 \times \left(1 - \frac{V_a}{VAM} \right)$$

Donde:

V_{LL} : Porcentaje de huecos llenos con asfalto (%).

V_a : Porcentaje de huecos de aire en la mezcla (%).

VAM : Porcentaje de vacíos en el árido mineral (%).

15. Los valores de estabilidad obtenidos para probetas de espesores distintos a 63,5 mm deben corregirse, convirtiendo éstos a un valor equivalente a 63,5 mm, utilizando para el o los factores de corrección indicados.

16. Calcule el valor promedio de la densidad, fluencia y estabilidad corregida, para todas las probetas con un mismo contenido de asfalto.

17. Confeccione los siguientes gráficos, uniendo mediante una curva suave todos los puntos obtenidos:

a) Estabilidad v/s porcentaje de asfalto.

- b) Fluencia v/s porcentaje de asfalto.
- c) Densidad v/s porcentaje de asfalto.
- d) Huecos en la mezcla v/s porcentaje de asfalto.
- e) VAM v/s porcentaje de asfalto.

Determinación del contenido óptimo de asfalto

18. Capa de Rodadura

a) Determine el contenido óptimo de asfalto de la mezcla considerando las curvas de densidad, estabilidad y huecos en la mezcla. De dichas curvas se determinan los porcentajes de asfalto (P_b) que entreguen:

- Máxima estabilidad (P_{b1}).
- Máxima densidad (P_{b2}).
- Contenido de asfalto para un 5% de huecos (P_{b3}).

El contenido óptimo de asfalto se calcula como la media aritmética de los tres valores obtenidos, es decir:

$$P_b \text{ óptimo} = \frac{P_{b1} + P_{b2} + P_{b3}}{3}$$

b) Verifique que el contenido óptimo de asfalto, con una tolerancia de $\pm 0,3$ puntos porcentuales, cumpla con todos los requisitos de calidad exigidos a la mezcla. En caso contrario, confeccione una nueva serie de muestras.

19. Capa de Base y Capa Intermedia (Binder)

Seleccione como contenido óptimo de asfalto el porcentaje de ligante que, con una tolerancia de $\pm 0,5$ puntos porcentuales, cumpla con todos los requisitos de calidad exigidos a la mezcla.

INFORME.

El informe debe incluir lo siguiente:

20. Identificación de los materiales

Indique procedencia, lugar y fecha de muestreo, tanto del asfalto como del árido.

21. Áridos

Indique los siguientes análisis para cada árido:

- a) Granulometría.
- b) Densidad aparente suelta.
- c) Densidad real seca.
- d) Densidad neta.
- e) Desgaste de Los Ángeles.
- f) Índice de Plasticidad.
- g) Equivalente de arena.
- h) Cubicada de partículas.
- i) Dosificación de áridos.
- j) Granulometría de la mezcla de áridos.

Nota 2: En la confección del informe se debe incluir las correspondientes especificaciones de obra.

22. Asfalto

a) Certificados de Control de Calidad.

b) Densidad

23. Mezcla Árido – Asfalto

a) Densidad máxima de la mezcla.

b) Adherencia.

c) Porcentaje de asfalto absorbido referido al árido.

d) Temperatura de mezclado.

e) Temperatura de compactación de las probetas.

24. Análisis Marshall

a) Para cada contenido de asfalto considerado se deben incluir:

a) Densidad.

b) Huecos en la mezcla.

c) Vacíos en el agregado mineral (vam).

d) Estabilidad.

e) Fluencia.

b) Gráficos de Densidad, Huecos, VAM, Estabilidad y Fluencia con respecto a cada uno de los porcentajes de asfalto considerados.

c) Fórmula de Trabajo.

Esta comprende:

- Banda de Trabajo, con las siguientes tolerancias:	
Tamiz 4,75 mm (Nº 4) y superiores.	: ± 5 puntos porcentuales.
Tamices 2,36 mm (Nº 8) y 1,18 mm (Nº 16).	: ± 4 puntos porcentuales.
Tamices 0,6 mm (Nº 30) y 0,3 mm (Nº 50).	: ± 3 puntos porcentuales.
Tamiz 0,15 mm (Nº 100).	: ± 2 puntos porcentuales.
Tamiz 0,075 mm (Nº 200).	: ± 1,5 puntos porcentuales.
Contenido óptimo de asfalto para capas de rodadura.	: ± 0,3 puntos porcentuales.
Contenido óptimo de asfalto para capas de base o intermedia	: ± 0,5 puntos porcentuales.
Densidad de diseño.	
Temperatura de mezclado.	

Temperatura de Inicio de Compactación

Nota 3: La banda de trabajo podrá salirse de la especificada siempre que la curva granulométrica de diseño quede totalmente comprendida en la banda especificada.

5.3.2.6 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA DE LA MEZCLA SIN COMPACTAR (GMM) NORMA A.S.T.M. D 2041/95

OBJETIVO

El objetivo de este ensayo es describir el procedimiento a seguir para la determinación de la gravedad máxima teórica, para establecer controles de calidad, en la elaboración y colocación de las mezclas de concreto asfáltico.

ALCANCE.

Este método de ensayo da como resultado la existencia de valores correctos de (%) porcentajes de vacíos totales que afectan directamente a la calidad de la mezcla.

EQUIPO REQUERIDO



Figura5.68 materiales y equipo para el ensayo

- ✓ Horno: Eléctrico con regulador de temperatura.
- ✓ Bomba de vacío: Capaz de extraer los vacíos de aire de la mezcla, a una presión de 30 mm de Hg.
- ✓ Termómetros: Termómetro de vidrio con un rango de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ y termómetro tipo dial blindado con un rango de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $250\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Balanzas: De 20 Kg. analógica o digital con resolución de 1 g y de 4 Kg digital con resolución de 0.01 g.
- ✓ Lamina de vidrio.
- ✓ Tamiz: de $\frac{1}{4}$ " (6,35 mm).
- ✓ Misceláneos: Taras de aluminio, cuchara, toallas absorbentes, bandejas de plásticos, lámina de goma.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El frasco a utilizar en el ensayo se pesará con agua a capacidad total a diferentes temperaturas, para elaborar una curva de calibración de peso del frasco más agua vs temperatura.

1. Primero se debe pesar el frasco más lámina de vidrio. Este valor se debe registrar como peso $A = (\text{PESO DEL FRASCO} + \text{LAMINA DE VIDRIO})$. (Véase figura 5.71).
2. Se procede a llenar el frasco a capacidad total con agua destilada o desmineralizada y posteriormente se mide su temperatura (véase figura 5.70).

Este valor se registra como peso:

$B = (\text{PESO DEL FRASCO MASAGUA A CAPACIDAD TOTAL})$.



Figura 5.69 Pesada del frasco vacío



Figura 5.70 Frasco con agua destilada

3. Se enrasa el frasco con la lámina de vidrio evitando la formación de burbujas de aire, se seca y se pesa.
4. Una vez determinada la combinación del diseño, se pesa el agregado combinado para realizar la mezcla.

5. El cemento asfáltico y los agregados combinados se calientan en un horno a temperatura constante no mayor de 160°C.

Nota 1: Cuando se realizan controles la muestra se obtiene en planta, luego se efectúa el cuarteo correspondiente y para así conseguir una muestra representativa, para ejecutar el ensayo.

6. Se va Agregando el peso del cemento asfáltico en porcentaje con respecto al peso del agregado (véase figura 5.73).



Figura 5.71 Pesada del frasco Enrasado.



Figura 5.72 Peso de los agregados de la combinación



Figura 5.73 Adición del cemento asfáltico a la pesada

7. Luego, se mezcla el cemento asfáltico con los agregados combinados como se muestra en la figura 5.74. Si el mezclado es manual, el tiempo debe estar entre 1 a 3 minutos, si se emplea un mezclador mecánico, el tiempo de mezclado debe estar entre 45 y 60 segundos.

8. Una vez realizada la mezcla se coloca en una bandeja y se deja en reposo a temperatura ambiente (véase figura 5.75).

9. Una vez enfriado el material se tamiza la mezcla por el tamiz 1 ¼” para obtener proporción de grueso y fino como se aprecia en la figura 5.76.

10. Ya tamizada la mezcla se obtiene la fracción gruesa y la fracción fina (véase figura 5.77).



Figura 5.74 Muestra dejada en reposo



Figura 5.75 Tamizado de la muestra



Figura 5.76 Fracción gruesa y fina tamizadas

11. Se procede al vaciado de la mezcla en el frasco, debiéndose colocar primero la fracción fina y luego la gruesa para evitar la suspensión de los finos y facilitar la extracción de los vacíos.

12. Se pesa el frasco, mas vidrio, mas muestra .Se registra este valor como peso C (PESO DEL FRASCO, MÁS VIDRIO, MUESTRA)

13. Se debe agregar agua a la mitad de la capacidad del frasco, para iniciar el vacío parcial de aire a una presión de 30 mm de Hg durante 15 minutos.

El frasco debe agitarse por periodos de 2 a 3 minutos para facilitar la extracción de vacíos.



Figura 5.77 Vaciado de la mezcla en el frasco



Figura 5.78 Pesada del frasco, el vidrio y la muestra



Figura 5.79 Extracción de los vacíos de la mezcla

14. Al transcurrir los primeros 15 minutos, se agrega agua nuevamente y se repite el procedimiento antes mencionado.

15. Se debe medir la temperatura después del vacío parcial para obtener referencia con respecto al peso B (PESO DEL FRASCO, MÁS AGUA A CAPACIDAD TOTAL).

16. Finalizado el proceso se enrasa el frasco con la lámina de vidrio, evitando la formación de burbujas de aire, se seca y se pesa el conjunto.



Figura 5.80 Extracción de los vacíos de la mezcla



Figura 5.81 Toma de temperatura de la muestra



Figura 5.82 Pesada del conjunto total

Este valor se registra como peso

$E = (\text{PESO DEL FRASCO, MÁS VIDRIO, MÁS AGUA, MÁS MUESTRA})$

(DESPUÉS DEL VACÍO PARCIAL)

17. Con los datos obtenidos se procede a realizar los cálculos correspondientes para obtener la gravedad específica máxima teórica.

Tabla 5.15 Peso mínimo, requerido de la muestra.

Tamaño nominal máximo de agregado.		Peso mínimo de la muestra.	
4.7 Mm.	(No 4)	0.5 Kg.	500 gr.
9.5 Mm.	(3/8")	1.0 Kg.	1000 gr.
12.5 Mm.	(1/2")	1.5 Kg.	1500 gr.
19.0 Mm.	(3/4")	2.0 Kg.	2000 gr.
25.0 Mm.	(1")	3.0 Kg.	3000 gr.
37.5 Mm.	(1 1/2")	4.0 Kg.	4000 gr.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

A continuación se detallan en forma general las conclusiones para la propuesta de Implementación del laboratorio de asfalto en la facultad oriental.

- 1) De la investigación realizada en cuanto al necesidad del laboratorio tanto al sector estudiantil como al sector profesional se concluye que:
 - a) La población estudiantil de la carrera ingeniería civil de la facultad multidisciplinaria oriental está demandando los servicios del laboratorio, y se considera que tal servicio vendrá a fortalecer la enseñanza de las asignaturas involucradas en esas áreas y de esa manera impulsar el desarrollo de la carrera.
 - b) Los profesionales de ingeniería civil y arquitectura que trabajan en la zona oriental, demandan del servicio de un laboratorio de asfalto y mezclas asfálticas, y estos tienen en buena disposición de solicitar tal servicio si en la facultad multidisciplinaria oriental existiera tal servicio.
 - c) La propuesta del equipo del laboratorio se realizó en base a los ensayos básicos necesarios y métodos utilizados en nuestro país para el control de calidad de materiales en la construcción de carreteras de pavimento asfáltico, usando los mismos criterios se propone el personal técnico y administrativo.

- 2) Del estudio técnico realizado se concluye que:
- a) El edificio del laboratorio de asfalto está ubicado dentro de la zona destinada para ingeniería y arquitectura según zonificación urbanística de la facultad multidisciplinaria oriental, área localizada al oeste de la biblioteca.
 - b) Existe factibilidad técnica para poner en marcha el proyecto, tomando en cuenta que no hay inconvenientes en lo referente a la localización, instalaciones, construcciones, maquinaria y equipo que impidan la ejecución del proyecto.
- 3) De evaluación económica se concluye:
- a) No se realizaron las evaluaciones económicas ya que al igual que la propuesta de implementación del laboratorio de suelos y materiales, la relación costo-beneficio de la evaluación económica no es favorable, ya que estos proyectos su característica principal es su utilidad social.
- 4) De la evaluación social se concluye:
- a) Debido a la magnitud de este proyecto el cual es de un valor económico de:
Costo Total = \$ 95,833.28 (Costo de infraestructura = \$ 35,426.68, Costo de equipo de laboratorio = \$ 60, 407.60), se considera un monto factible para la facultad multidisciplinaria oriental, se recomienda a los docentes de ingeniería

civil y las demás autoridades encargadas de gestionar financiamiento con recursos en la universidad o buscar el apoyo económico a través del gobierno de El Salvador u organismos internacionales cuyo fin de servicio sea de invertir en el sector educación.

- b) Tomando en cuenta que es obligación del gobierno de el salvador invertir en la educación y preparación académica, no estimando los costos que esta puede generar, la implementación del laboratorio de asfalto en la facultad multidisciplinaria oriental es de carácter urgente ya que la población estudiantil es el principal sector favorecido, pues el laboratorio vendrá a fortalecer la enseñanza en la carrera de ingeniería civil, de igual manera beneficiara a toda la zona oriental en la prestación de servicios.
- c) El proyecto de implementación del laboratorio de asfalto en la facultad multidisciplinaria oriental es socialmente beneficioso, dado que el mayor provecho que se obtendrá es la inversión en recurso humano o mejora en la calidad académica de los profesionales de ingeniería civil.
- d) De la cuantificación de beneficios se concluye que con la implementación del proyecto además de mejorar el nivel académico del estudiante de ingeniería civil, la inversión económica de parte de éste seria mínima, en comparación con el desembolso que generan los viajes que se realizan actualmente a la unidad central.

RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda a las autoridades competentes a que realicen gestiones para ejecutar la propuesta de implementación del laboratorio de asfalto en la facultad ya que es una herramienta útil en la enseñanza practica a los estudiantes de ingeniería civil, ya que en la zona oriental existen pocos centros de laboratorios, al contar con dichas instalaciones se tendría bastante demanda en la elaboración de ensayos de parte de las empresas formuladoras y constructoras, y este se convertiría en un centro de estudio auto sostenible ya que con la realización de ensayos se percibirían recursos económicos que ayudarían en el mantenimiento de equipo y el pago a profesionales.

- b) Al concretizarse el proyecto de implementación del laboratorio de asfalto en la facultad multidisciplinaria oriental se recomienda a las autoridades encargadas considerar como opción que los estudiantes de cuarto y quinto nivel alcanzado realicen el servicio social en las instalaciones del laboratorio, ya sea impartiendo instructorias de las cátedras que necesiten el uso de éste o desempeñar el puesto de laboratoristas.

- c) Es importante que el personal técnico dedicado al manejo del equipo sea previamente capacitado en la operación del mismo, siendo este un factor imprescindible en el mantenimiento y protección del equipo.

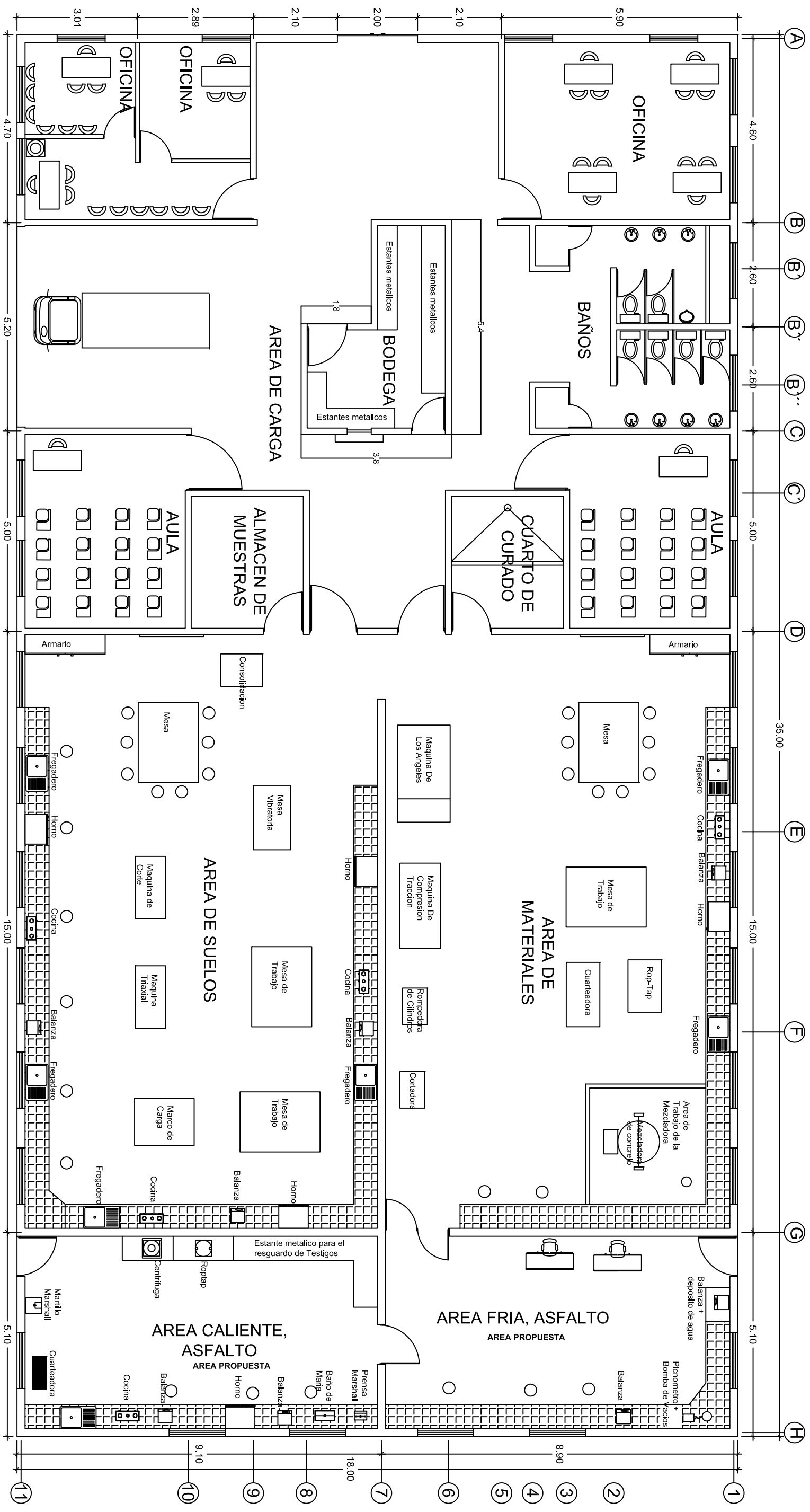
- d) Es conveniente que el funcionamiento del laboratorio, se inicie con la etapa de docencia-aprendizaje y prestación de servicios a particulares, ya que estas son las áreas en que más se demanda el servicio, dejando para una segunda etapa la investigación de temas nuevos relacionados de la ingeniería de pavimentos asfálticos.
- e) Debido a la inestabilidad física que presenta el subsuelo predominante (arcilla-limosa), en el área proyectada para el laboratorio, se sugiere que al momento de ejecutar la construcción se efectúen los estudios de suelos en el lugar específico donde se ha de cimentar la estructura, con el objeto de poseer información más real y precisa del subsuelo.

BIBLIOGRAFIA

- Ángel Leónidas Antonio Maldonado Merino. Guía para el Control y el Aseguramiento de la Calidad de Construcción de Pavimentos Flexibles Elaborados con Mezclas Asfálticas en Caliente en El Salvador. Trabajo de graduación, escuela de Ingeniería Civil, UES. Julio, 2006
- Jorge Coronado Iturbide, Consultor. Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). Noviembre.2002.
- Instituto del Asfalto. Principios de Construcción de pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente (MS-22).
- Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones - 1ra Edición2011
- **AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials.** Guide for Design of Pavement Structures and 1998 Supplement.
- **ASTM –American Society for Testing and Materials.**
Standards International, USA 2000
- **MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PARA OBRAS VIALES (EM-200) ,**
República del Perú. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción y la Dirección General de Camino.
ICG – Instituto de la Construcción y Gerencia. Segunda Edición – Lima 2.000

ANEXOS

PLANOS



PLANTA ARQUITECTONICA
Escala 1:100

PROYECTO: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LABORATORIO DE ASFALTO**

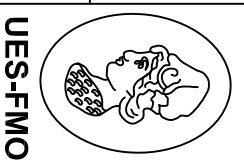
CONTENIDO: **PLANTA ARQUITECTONICA**

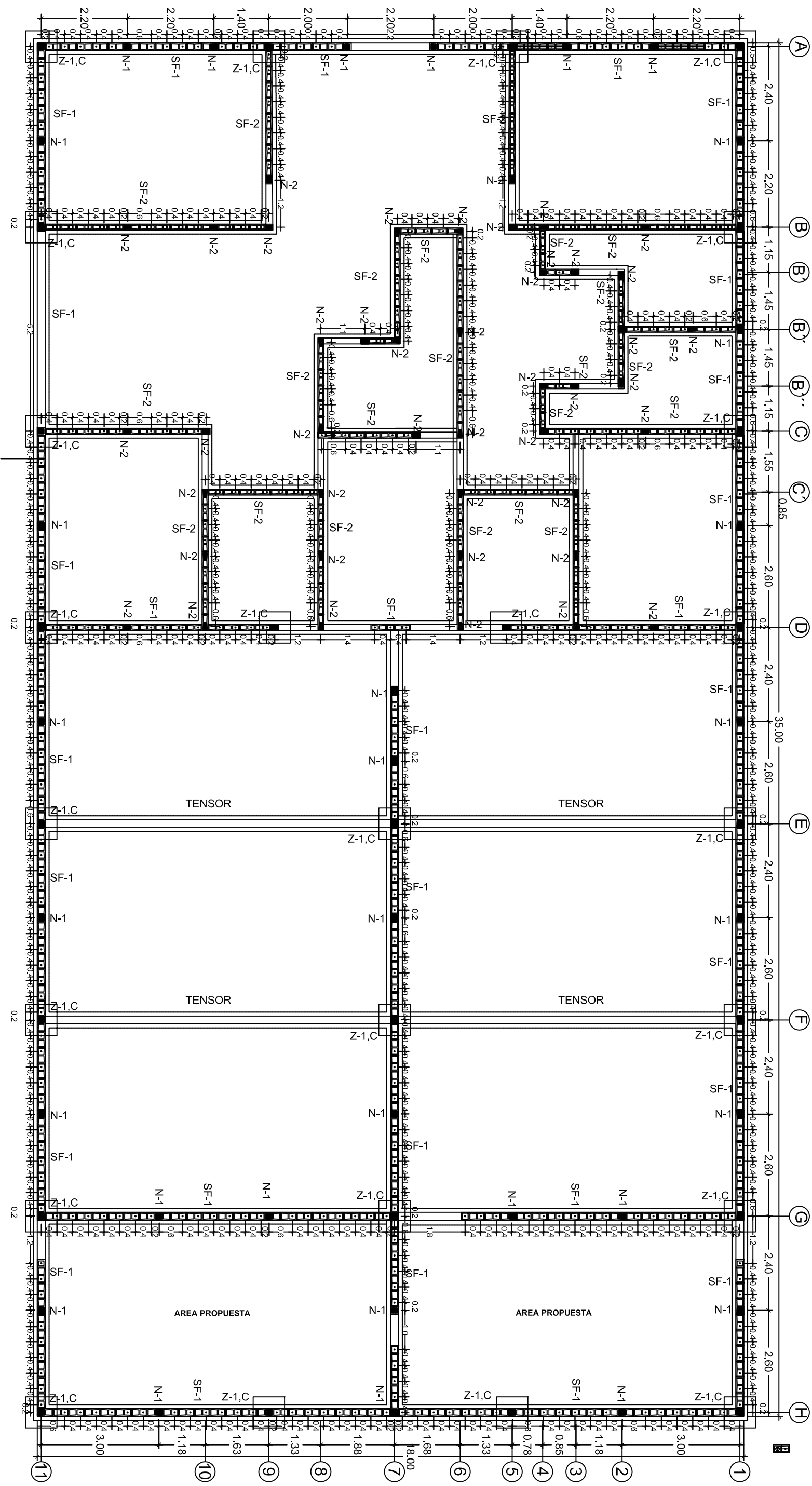
UBICACION: **UES - FMO, KM 144 CANTON EL JUTE, SAN MIGUEL.**

PRESENTAN: **MANUEL ANTONIO CAMPOS FUENTES**
JOSE EDENILSON ARANDA ARGUETA

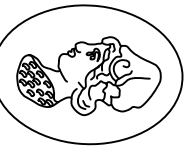
FECHA: **NOVIEMBRE DE 2014**

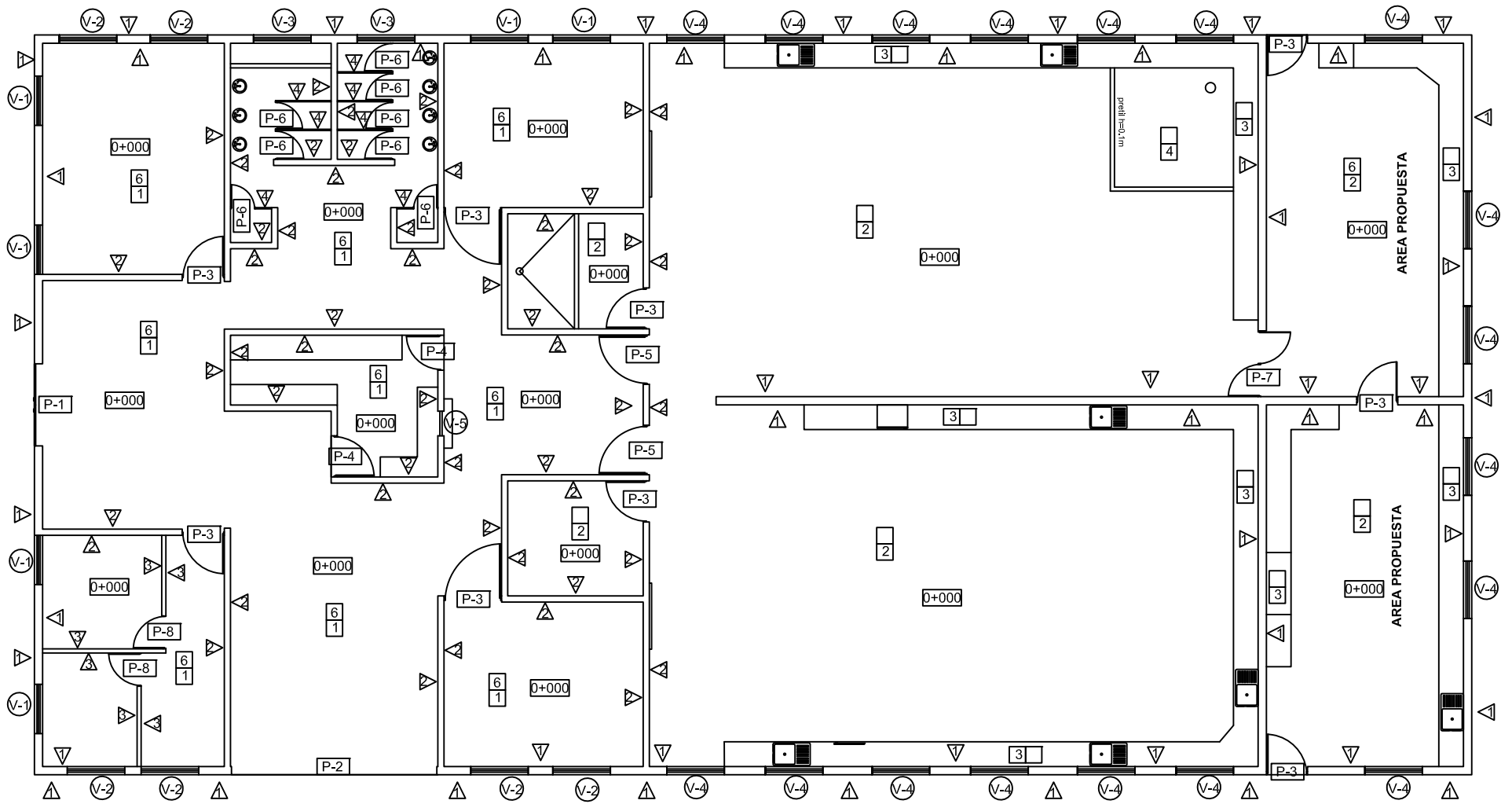
HOJA: **2/10**





PLANTA DE FUNDACIONES
Escala 1:100

<p>PROYECTO: PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LABORATORIO DE ASFALTO</p>	<p>PRESENTAN: MANUEL ANTONIO CAMPOS FUENTES JOSE EDENILSON ARANDA ARGUETA</p>
<p>CONTENIDO: PLANTA DE FUNDACIONES</p>	<p>FECHA: NOVIEMBRE DE 2014</p>
<p>UBICACION: UES - FMO, KM 144 CANTON EL JUTE, SAN MIGUEL.</p>	<p>HOJA: 3/10</p>
	



PLANTA DE ACABADOS Sin Escala

CUADRO DE PUERTAS

CLAVE	ANCHO	ALTO	MATERIALES
P-1	2.0	2.6	Angulo 1x1x1/8", Tubo 1x1", Lamina 1/16"
P-2	5.0	2.6	Porton metalico Elevadiso
P-3	1.0	2.0	Angulo 1x1x1/8", Tubo 1x1", Lamina 1/16"
P-4	0.9	2.0	Angulo 1x1x1/8", Tubo 1x1", Lamina 1/16"
P-5	1.2	2.0	Angulo 1x1x1/8", Tubo 1x1", Lamina 1/16"
P-6	0.65	1.5	Angulo 1x1x1/8", Tubo 1x1", Lamina 1/16"
P-7	1.6	2.0	Marco de Riostra y Tabla de Cedro.
P-8	0.8	2.0	Marco de Riostra de Pino y Forro de Plywood 1/4"

CUADRO DE VENTANAS

CLAVE	ANCHO	ALTO	REPISA	CUERPOS	MATERIALES
V-1	1.20	1.2	1.0	2	Marco de Aluminio y Celocia de vidrio nevado
V-2	1.40	1.2	1.0	2	
V-3	1.4	0.8	1.80	2	
V-4	1.4	1.0	1.4	2	
V-4	0.6	0.8	1.2	1	Metalica, marco 1 1/4"

CUADRO DE ACABADOS

CLAVE	MATERIALES
▷	Pared de Bloque 20x20x40 Repellado, afinado y Pintado
▷	Pared de Bloque 15x20x40 Repellado, afinado y Pintado
▷	Pared de Tabla Roca lijada y Pintada
▷	Division de Tubo 1x1" y forro de lamina 1/16"
1	Ladrillo de Piso de cemento de 25x25 cm
2	Piso de Concreto f'c 210 kg/cm2 y hierro de 1/4" @ 0.25 m.
3	Enchapado de Azulejo de 0.11x0.11 m.
4	Empedrado fraguado con superficie terminada
5	Enladrillado con adoquin
6	Cielo falso de fibrocemento y marco de aluminio

PROYECTO: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LABORATORIO DE ASFALTO**

PRESENTAN:

**MANUEL ANTONIO CAMPOS FUENTES
JOSE EDENILSON ARANDA ARGUETA**

CONTENIDO:
PLANTA DE ACABADOS

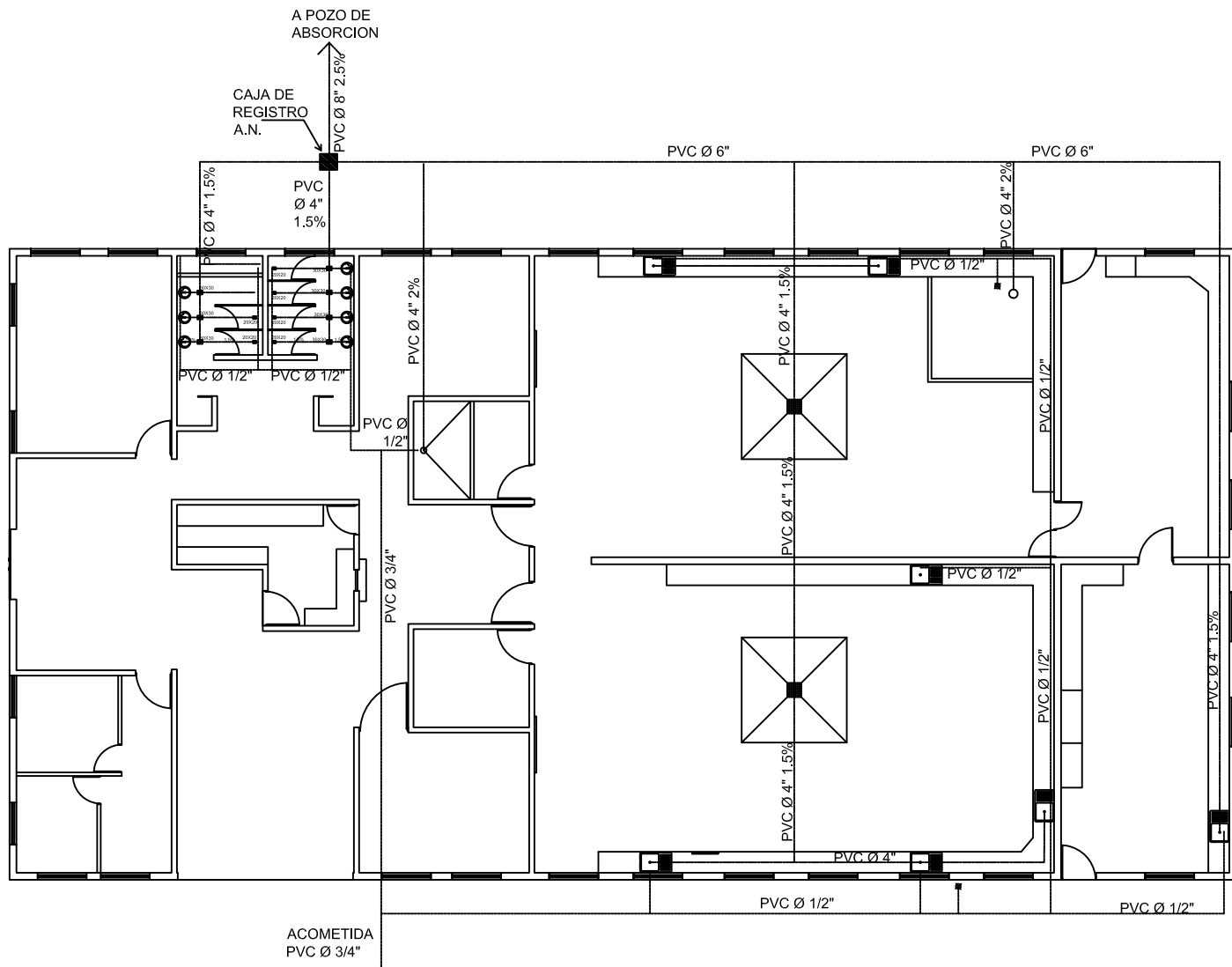
UBICACION:
UES - FMO, KM 144 CANTON EL JUTE, SAN MIGUEL.

FECHA:
NOVIEMBRE DE 2014

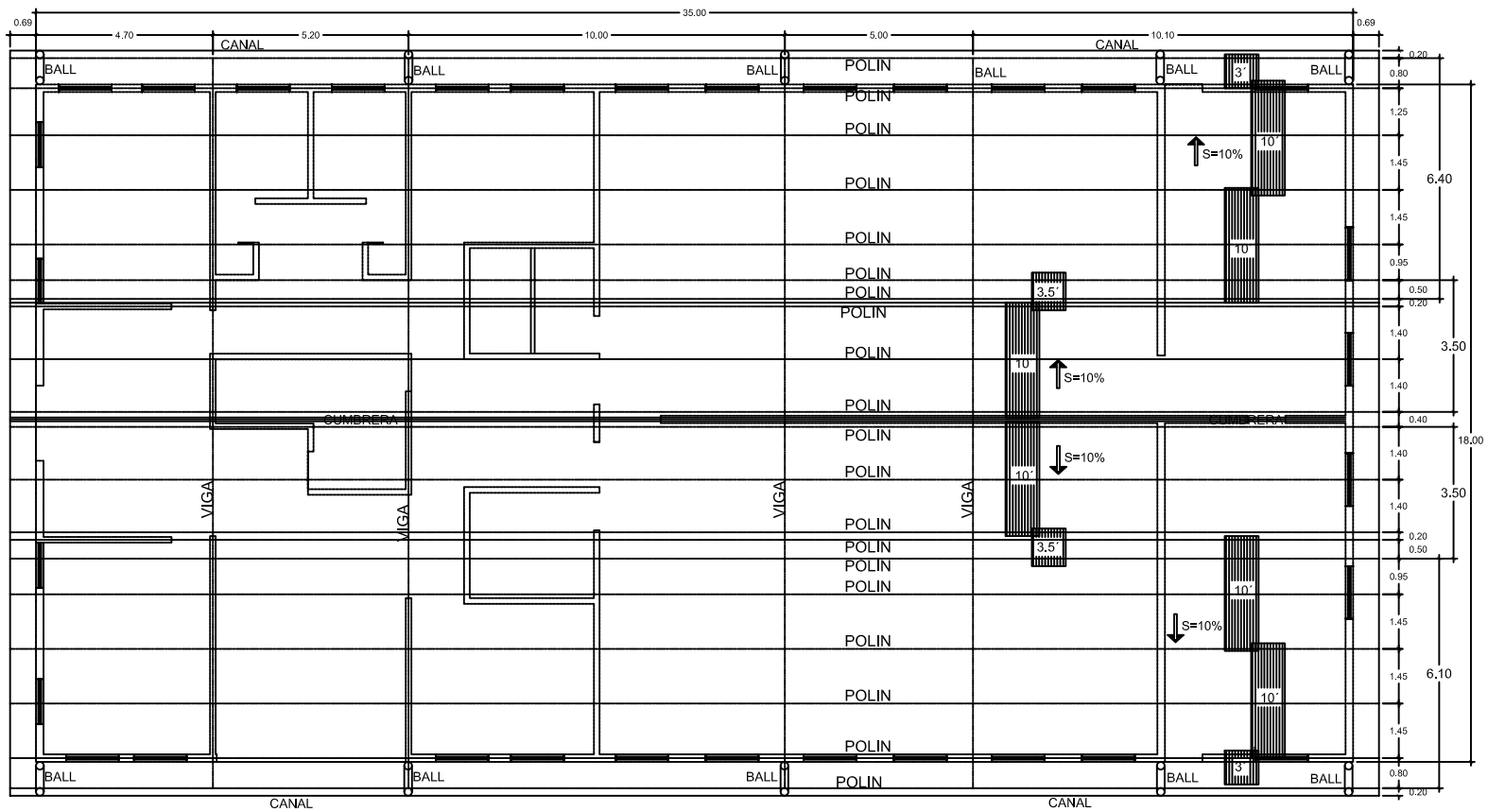
HOJA:
4/10



UES-FMO



PLANTA HIDRAULICA
Escala 1:200



PLANTA DE TECHOS
Escala 1:200

PROYECTO: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LABORATORIO DE ASFALTO**

CONTENIDO: **PLANTA HIDRAULICA
PLANTA DE TECHOS**

UBICACION: **UES - FMO, KM 144 CANTON EL JUTE, SAN MIGUEL.**

PRESENTAN:

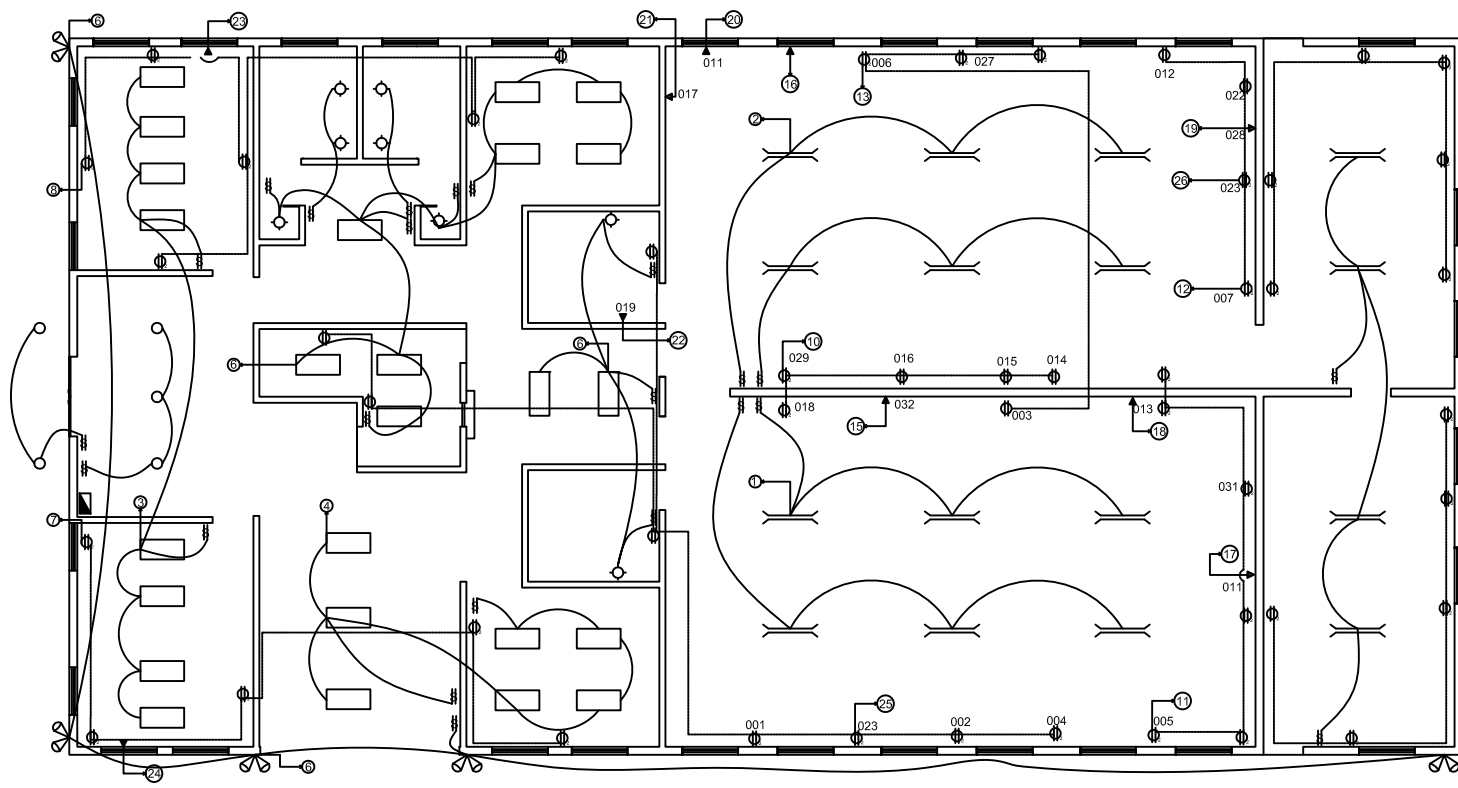
**MANUEL ANTONIO CAMPOS FUENTES
JOSE EDENILSON ARANDA ARGUETA**

FECHA: **NOVIEMBRE DE 2014**

HOJA: **5/10**



UES-FMO



PLANTA ELECTRICA Escala 1:200

SIMBOLOGIA ELECTRICA	
	Tablero General
	Tomacorriente Trifilar de 40 AMP-TIPO EAGLE/220
	Interruptor Sencillo tipo dado anodizado, TICINO
	Tomacorriente Sencillo
	Luminaria tipo Roseton de 100 W
	Luminaria tipo Spot Light
	Luminaria tipo ojo de buey
	Luminaria tipo industrial 2x75W/110V
	Luminaria tipo industrial 2x40W/110V
	Luminaria 4x40 W para empotrar
	Linea Aerea
	Linea empotrada

PROYECTO: PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LABORATORIO DE ASFALTO

CONTENIDO: PLANTA HIDRAULICA PLANTA DE TECHOS

UBICACION: UES - FMO, KM 144 CANTON EL JUTE, SAN MIGUEL.

PRESENTAN:

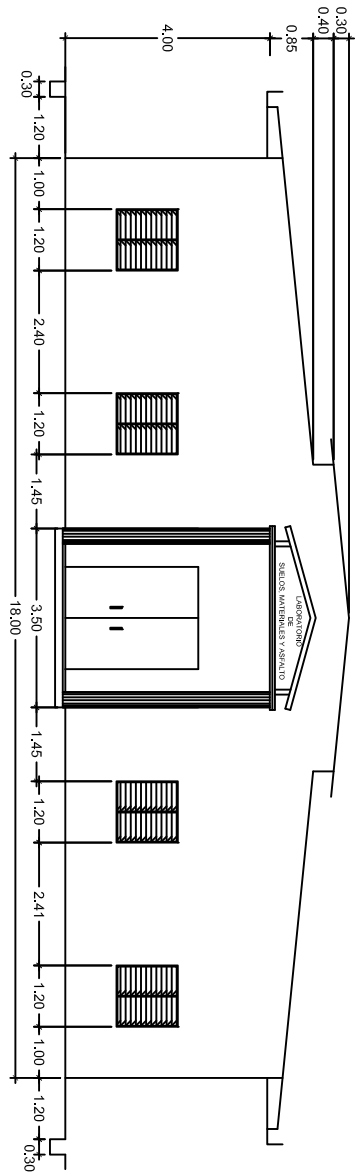
**MANUEL ANTONIO CAMPOS FUENTES
JOSE EDENILSON ARANDA ARGUETA**

FECHA: NOVIEMBRE DE 2014

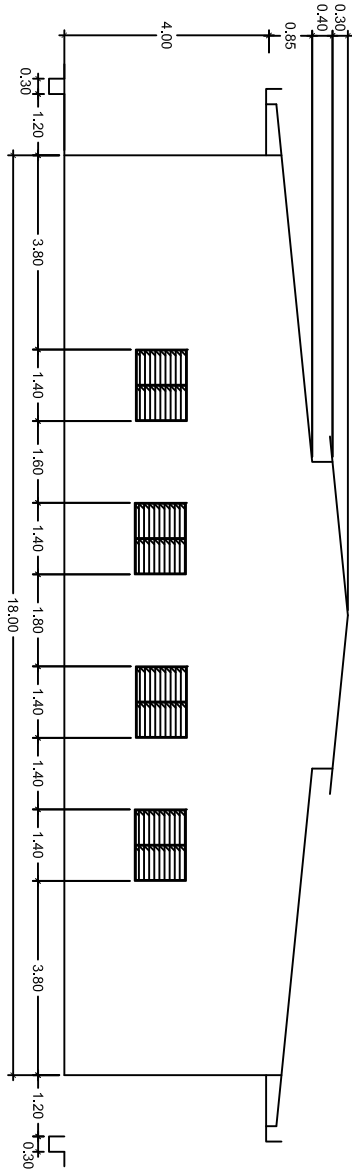


UES-FMO

HOJA: 6/10



FACHADA PRINCIPAL
Escala 1:100



FACHADA POSTERIOR
Escala 1:100

PROYECTO: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LABORATORIO DE ASFALTO**

CONTENIDO: **ELEVACIONES**

UBICACION: **UES - FMO, KM 144 CANTON EL JUTE, SAN MIGUEL.**

PRESENTAN:

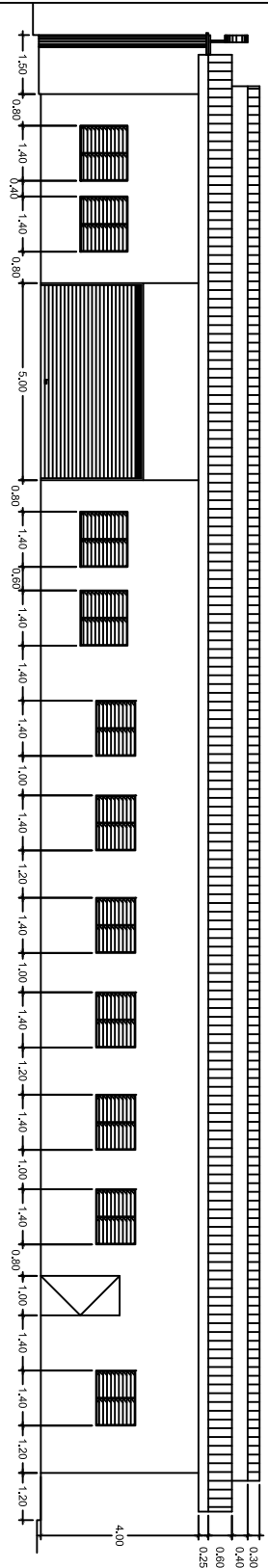
**MANUEL ANTONIO CAMPOS FUENTES
JOSE EDENILSON ARANDA ARGUETA**

FECHA: **NOVIEMBRE DE 2014**

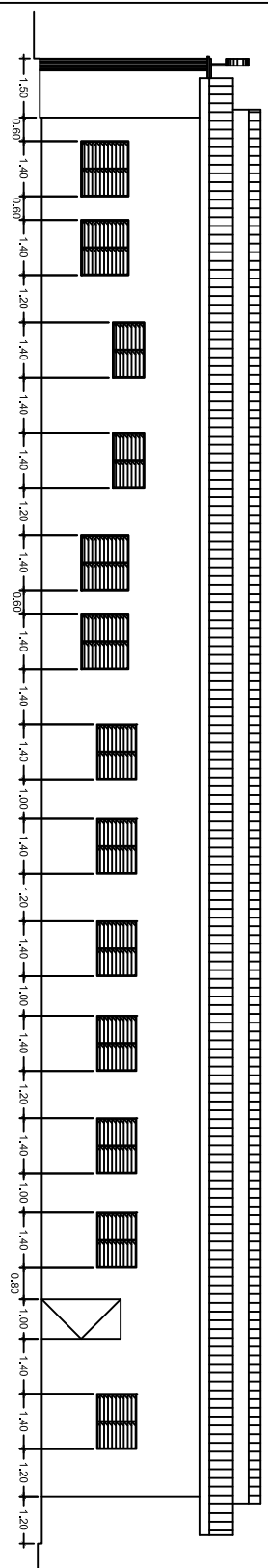
HOJA: **7/10**



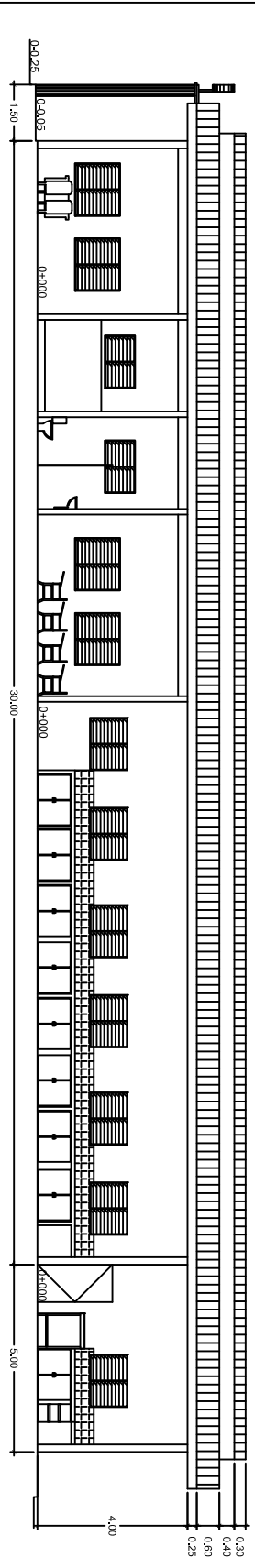
UES-FMO



FACHADA LATERAL PRINCIPAL
Esc. 1:125



FACHADA LATERAL POSTERIOR
Esc. 1:125



CORTE A-A
Esc. 1:125

PROYECTO: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LABORATORIO DE ASFALTO**

CONTENIDO: **ELEVACIONES**

UBICACION: **UES - FMO, KM 144 CANTON EL JUTE, SAN MIGUEL.**

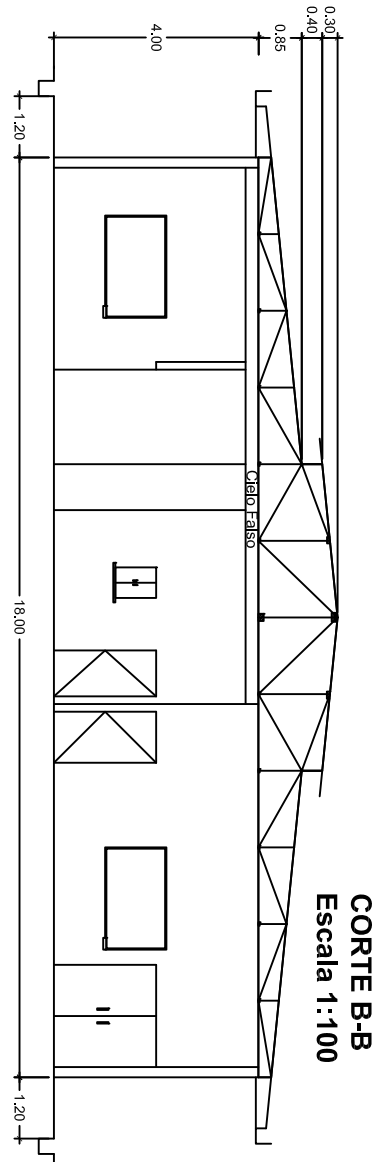
PRESENTAN:

MANUEL ANTONIO CAMPOS FUENTES
JOSE EDENILSON ARANDA ARGUETA

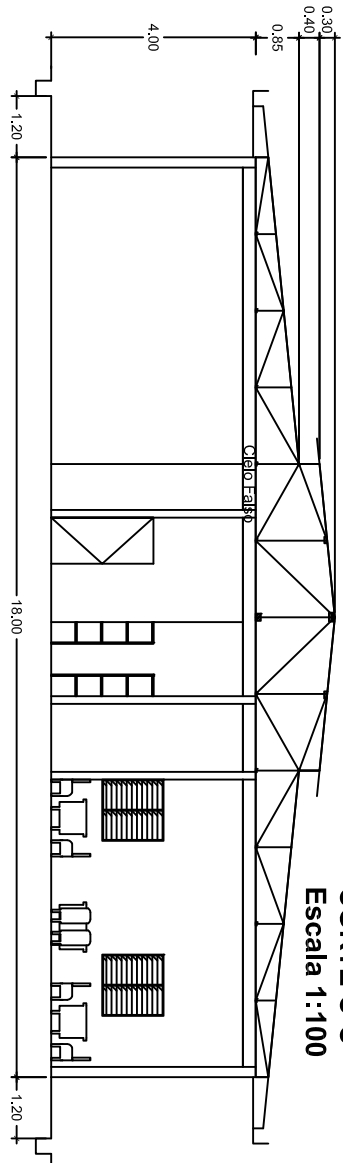
FECHA: **NOVIEMBRE DE 2014**

HOJA: **8/10**

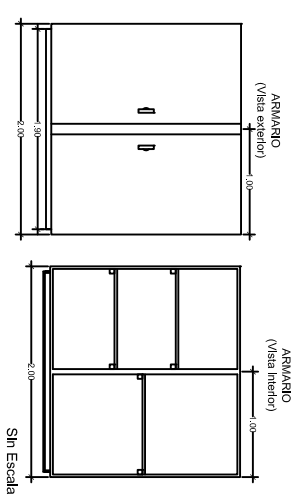




CORTE B-B
Escala 1:100

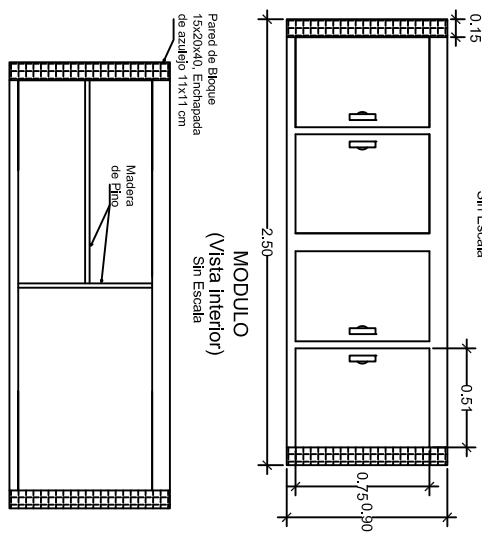


CORTE C-C
Escala 1:100

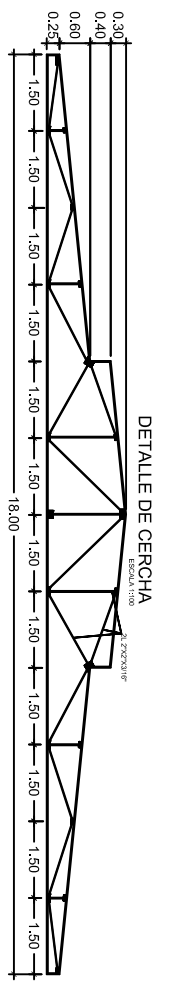


MODULO
(Vista exterior)
Sin Escala

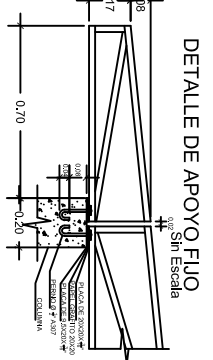
MODULO
(Vista interior)
Sin Escala



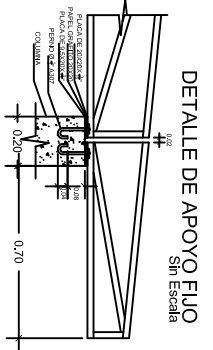
MODULO
(Vista interior)
Sin Escala



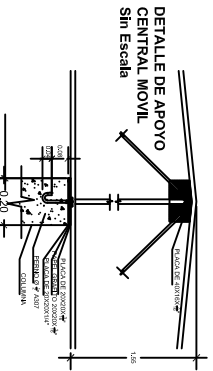
DETALLE DE CERCHA
Escala 1:100



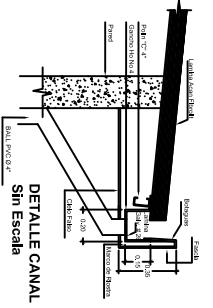
DETALLE DE APOYO FIJO
Sin Escala



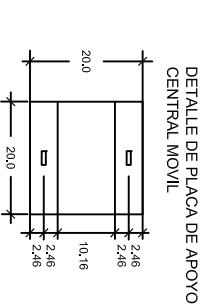
DETALLE DE APOYO FIJO
Sin Escala



DETALLE DE APOYO CENTRAL MOVIL
Sin Escala



DETALLE DE RANURA EN PLACA
Sin Escala



DETALLE DE PLACA DE APOYO MOVIL Y FIJO
Sin Escala

PROYECTO: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LABORATORIO DE ASFALTO**

CONTENIDO: **CORTES Y DETALLES**

UBICACION: **UES - FMO, KM 144 CANTON EL JUTE, SAN MIGUEL.**

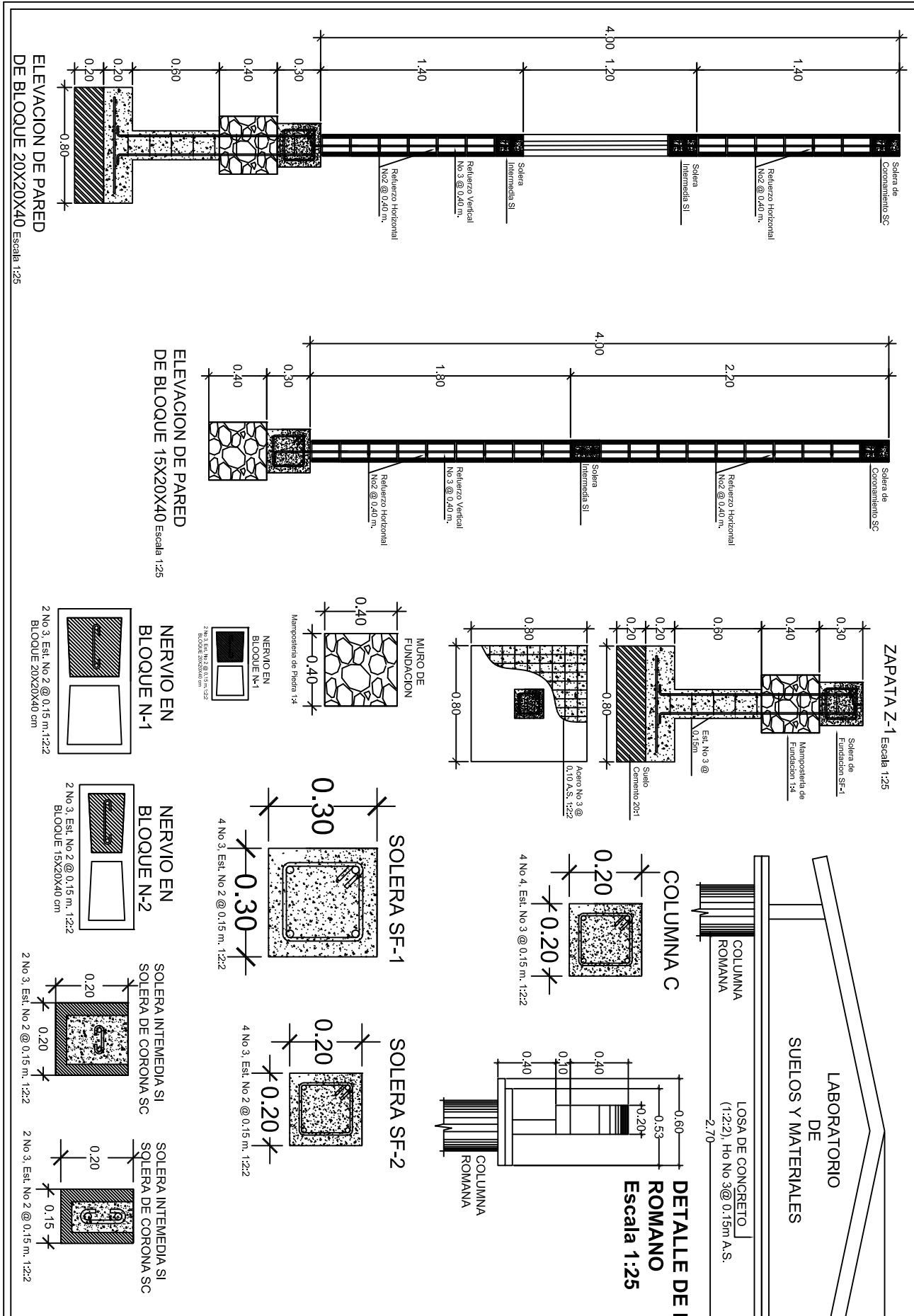
PRESENTAN:

MANUEL ANTONIO CAMPOS FUENTES
JOSE EDENILSON ARANDA ARGUETA

FECHA: **NOVIEMBRE DE 2014**

HOJA: **9/10**





ELEVACION DE PARED DE BLOQUE 20X20X40 Escala 1:25

ELEVACION DE PARED DE BLOQUE 15X20X40 Escala 1:25

ZAPATA Z-1 Escala 1:25

COLUMNA C Escala 1:25

DETALLE DE PORTICO ROMANO Escala 1:25

NERVIO EN BLOQUE N-1 Escala 1:25

NERVIO EN BLOQUE N-2 Escala 1:25

SOLERA INTERMEDIA SI Escala 1:25

SOLERA DE CORONA SC Escala 1:25

PROYECTO: PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LABORATORIO DE ASFALTO
CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES
UBICACION: UES - FMO, KM 144 CANTON EL JUTE, SAN MIGUEL.

PRESENTAN: MANUEL ANTONIO CAMPOS FUENTES JOSE EDENILSON ARANDA ARGUETA	
FECHA: NOVIEMBRE DE 2014	HOJA: 10/10



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
LOSA DE CONCRETO (1:2:2), Ho No 3 @ 0.15m A.S.
COLUMNA ROMANA
COLUMNA ROMANA
COLUMNA ROMANA

MANUAL DE EQUIPO DE LABORATORIO

Asfalto

Permeámetro de Asfalto	159
Reómetro para flexión de vigas	164
Ductilidad	166-167
Destilación	178-179
Accesorios para destilación	177, 180
Extractores	181-184
Punto de Inflamación	174-175
Compactadores Marshall	146-150
Accesorios de carga Marshall	155
Marcos de carga Marshall	152-154
Moldes Marshall	151
Eyector de Muestra Marshall	151
Mezcladoras	160-161
Horno de ignición NCAT	162
Penetración	168-169
Equipo de envejecimiento por presión	163
Ensayo Rice, Picnómetros	157
Ensayo Rice, Vibradores	158
Compactador Giratorio SHRP	165
Punto de ablandamiento	174
Horno de desgasificación por vacío	164
Bombas de Vacío	158-159
Viscosidad	170-173
Baños de agua	156

Testing Equipment for



Construction Materials

HUMBOLDT

www.humboldtmfg.com
1.800.544.7220 • 708.468.6300



Compactador Automático Simple Resistente para Moldes de Ensayo Marshall

El compactador automático Marshall está diseñado para proveer un mecanismo estable y rígido a fin de producir testigos de asfalto de 4" o 6" de diámetro usados en los ensayos Marshall. Estos compactadores Marshall, están disponibles en dos configuraciones: una con un molde rotatorio y un martillo de pie cónico y la otra con un molde estacionario y un martillo de pie plano. Ambos modelos han sido diseñados para un uso intensivo que les permita funcionar en óptimas condiciones pese a las constantes sacudidas causadas por el proceso de compactación.

Estas máquinas poseen un contador automático permitiendo que el operador preestablezca el número de golpes deseados y detendrá la máquina cuando se alcance el número requerido. Después de haber fijado el número de golpes, el operador puede encender la máquina pulsando un botón y mantener un seguimiento de ellos en una pantalla LED. Un mecanismo de leva opera al sistema de fijación del molde para facilitar la inserción y retiro del molde de compactación.

Se puede ordenar máquinas para uso con moldes de 4" o 6", pero fácilmente pueden ajustarse al otro molde comprando el martillo y molde correspondientes al tamaño deseado. Cada máquina incluye: el compactador mecánico, un contador automático, montaje del martillo, (1) molde de compactación y (1) paquete de discos de papel. Las máquinas con configuración de molde rotatorio vienen con un montaje de martillo con pie cónico y aquellas con configuración de molde estacionario con un montaje de martillo con pie plano. Cumple con las normas ASTM D6926, AASHTO T245 and PTM705. Peso de embarque: 400 lbs. (181.4kg).

Compactador Automático Simple para trabajo pesado, configuración con molde rotatorio

Descripción	Modelo
Para especímenes de 4" de diámetro. 115V 60Hz	H-1364R
Para especímenes de 6" de diámetro. 115V 60Hz	H-1366R
Para especímenes de 4" de diámetro. 230V 50/60Hz	H-1364R.4F
Para especímenes de 6" de diámetro. 230V 50/60Hz	H-1366R.4F

Compactador Automático Simple para trabajo pesado, configuración con molde estacionario

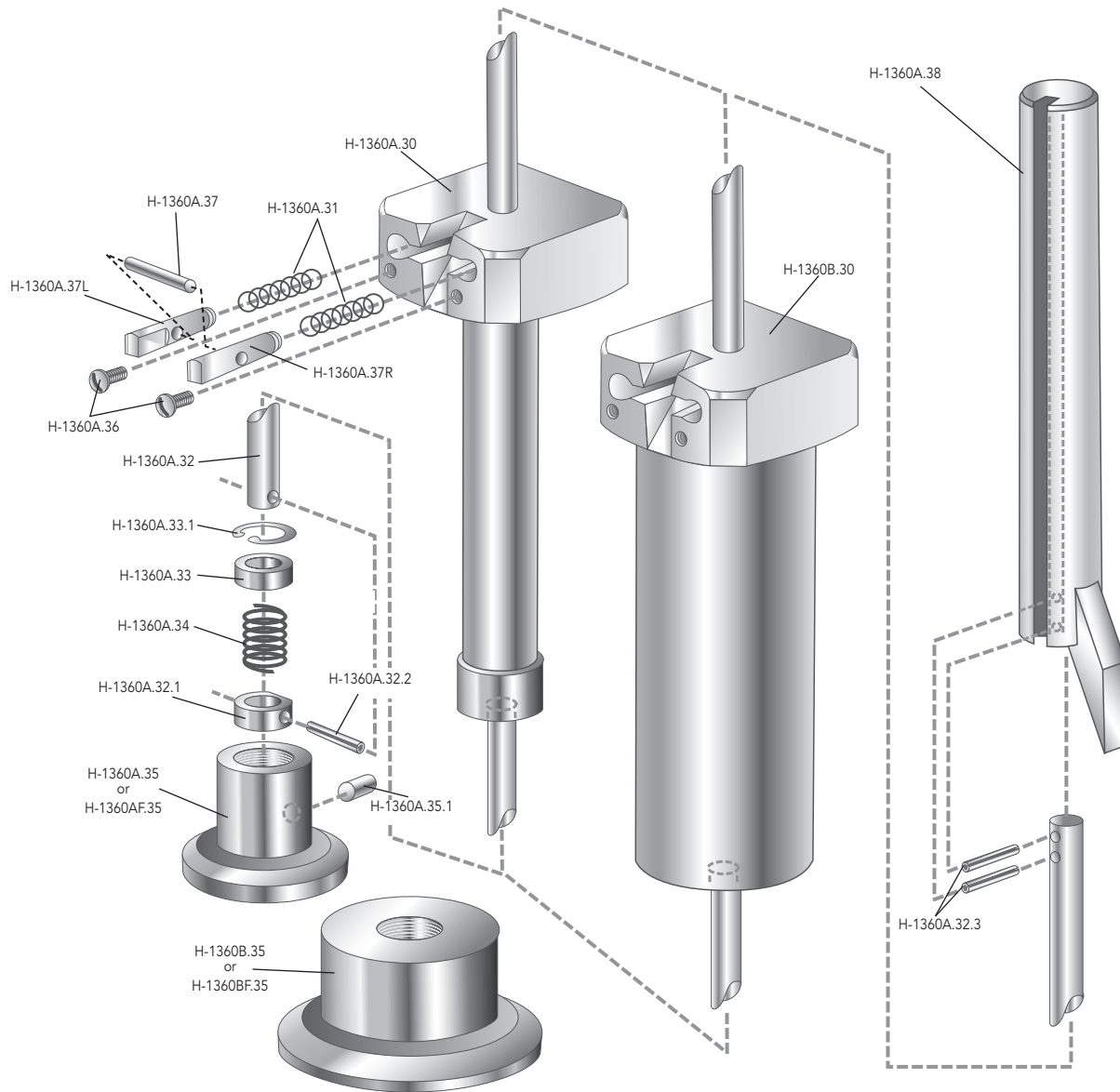
Descripción	Modelo
Para especímenes de 4" de diámetro. 115V 60Hz	H-1364
Para especímenes de 6" de diámetro. 115V 60Hz	H-1366
Para especímenes de 4" de diámetro. 230V 50/60Hz	H-1364.4F
Para especímenes de 6" de diámetro. 230V 50/60Hz	H-1366.4F



Repuestos para compactador automático simple de trabajo pesado

Descripción	Modelo
Martillo de 4" con pie cónico (molde rotatorio). Peso de embarque: 20 lbs (9kg)	H-1360A
Martillo de 6" con pie cónico (molde rotatorio). Peso de embarque: 25 lbs (11kg)	H-1360B
Martillo de 4" con pie plano (molde estacionario). Peso de embarque: 20 lbs (9kg)	H-1360AF
Martillo de 6" con pie plano (molde estacionario). Peso de embarque: 25 lbs (11kg)	H-1360BF
Cadena de levante para los compactadores de las series H-1364 y H-1366	H-1360.21
Pedestal de reemplazo para compactadores de acuerdo a ASTM	H-1347M
Contador e interruptor de proximidad de repuesto para compactador, 110V 60Hz	H-1334BA
Contador e interruptor de proximidad de repuesto para compactador, 230V 50/60 Hz	H-1334BA.4F

Para facilitar el calentamiento de moldes y martillos en operación, ver descripción de hornos (página 246) y placas calefactoras (página 244)



Repuestos del montaje del martillo

Descripción	Modelo	Descripción	Modelo
Martillo de compactación, 10 lb (para moldes de 4")	H-1360A.30	Ensamblaje soldado de brazo liberador del yunque	H-1360A.38
Martillo de compactación, 22.5 lb (para moldes de 6")	H-1360B.30	Brazo liberador del martillo	H-1360A.38.1
Eje de deslizamiento del martillo	H-1360A.32	Yunque, parte superior	H-1360A.38.2
Retenedor de resorte, yunque	H-1360A.32.1	Resorte	H-1338.34
Golilla de resorte, yunque	H-1360A.33	Resorte	H-1360A.31
Pie de martillo cónico de 4"	H-1360A.35	Pasador de rollo largo, 1/4" dia. X 1 "	H-1360A.32.2
Pie de martillo plano de 4"	H-1360AF.35	Pasador de rollo, 3/16" dia. x 1 1/2 "	H-1360A.32.3
Pie de martillo cónico de 6"	H-1360B.35	Anillo de retención interno	H-1360A.33.1
Pie de martillo plano de 6"	H-1360BF.35	Pasador de espiga largo, 5/16" dia X 1/2"	H-1360A.35.1
Pasador izquierdo liberador del martillo	H-1360A.37L	Tornillo largo de cabeza para apriete, 1/4" x 1/2"	H-1360A.36
Pasador derecho liberador del martillo	H-1360A.37R	Pasador de espiga largo, 1/4" dia x 1-3/8"	H-1360A.37



H-1336D

Compactador Automático con Base Estacionaria para moldes de 4"

El Compactador Mecánico Automático facilita la preparación de la muestra. El equipo compacta muestras a un número predeterminado de golpes y cuando éste se alcanza se detiene. La unidad incluye compactador mecánico, contador automático, pedestal de compactación de roble, (1) martillo y (1) molde H-1341. Se recomienda adquirir molde y martillo adicionales para una eficiente operación. Cumple con las normas ASTM D6926, D5581, AASHTO T245 y PTM705. Peso de embarque: 198 libras (89.8kg)

Descripción	Modelo
Compactador, 115V 60Hz	H-1336D
Compactador, 230V 60Hz	H-1336D.2F
Compactador, 230V 50Hz	H-1336D.5F



H-1346D

Compactador Automático Doble con Base Rotatoria para moldes de 4"

Compacta automáticamente muestras duales a un número predeterminado de golpes y cuando éste se alcanza se detiene. La unidad incluye compactador mecánico, contador automático, pedestal de compactación de roble, (2) martillo y (2) molde H-1337. Se recomienda adquirir moldes y martillos adicionales para una eficiente operación. Cumple con las normas ASTM D6926, D5581, AASHTO T245 y PTM705. Peso de embarque: 265 libras (120.2 kg)

Descripción	Modelo
Compactador, 115V 60Hz	H-1346D
Compactador, 230V 60Hz	H-1346D.2F
Compactador, 230V 50Hz	H-1346D.5F



H-1356D

Compactador Automático Triple con Base Rotatoria para moldes de 4"

Produce la compactación simultánea de tres especímenes a un número predeterminado de golpes y cuando éste se alcanza la máquina se detiene. La unidad incluye compactador mecánico, contador automático, pedestal de compactación de roble, (3) martillo y (3) molde H-1337. Se recomienda adquirir moldes y martillos adicionales para una eficiente operación. Cumple con las normas ASTM D6926, D5581, AASHTO T245 y PTM705. Peso de embarque: 351 lbs (181.4kg)

Descripción	Modelo
Compactador, 115V 60Hz	H-1356D
Compactador, 230V 60Hz	H-1356D.2F
Compactador, 230V 50Hz	H-1356D.5F

Repuestos para los compactadores automáticos

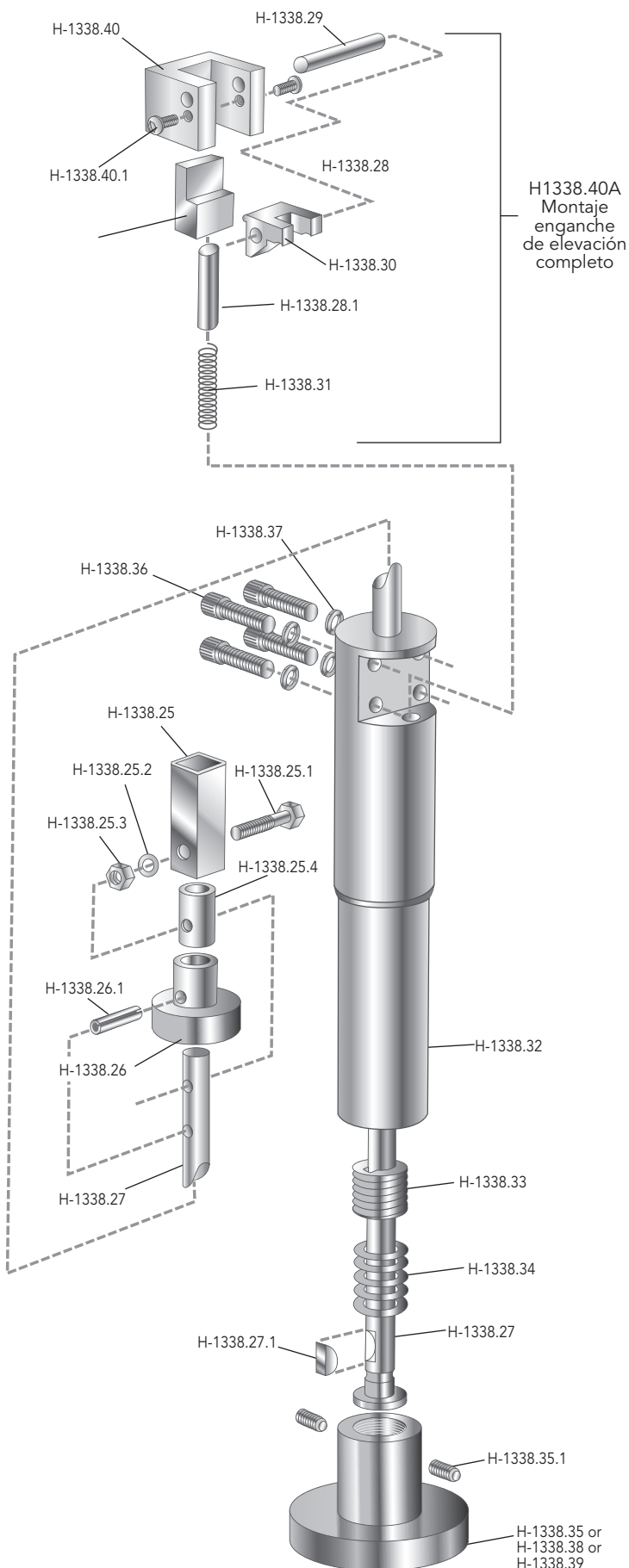
Descripción	Modelo
Martillo de 4" con pie plano (base estacionaria) para H-1336D	H-1338A
Martillo de 4" con pie Cónico (base rotatoria) para H-1346D y H-1356D	H-1338B
Martillo de 4" con pie Cónico "Canadiense" (base rotatoria) para H-1346D y H-1356D	H-1338C
Cadena de elevación para H-1346D y H-1356D	H-1336.21
Contador y switch de proximidad para compactador	H-1334B
Contador y switch de proximidad para compactador, 230V	H-1334B.4F
Pedestal para Compactador Marshall H-1336	H-1347M
Pedestal para Compactador Marshall H-1346	H-1347.2M
Pedestal para Compactador Marshall H-1356	H-1347.3M



Para facilitar el calentamiento de moldes y martillos en operación, ver descripción de hornos (página 246) y placas calefactoras (página 244)

Montaje y repuestos del enganche de elevación

Descripción	Modelo
Montaje enganche de elevación completo	H-1338.40A
Bloque de desenganche	H-1338.28
Pasador	H-1338.28.1
Pasador de horquilla	H-1338.29
Enganche de elevación	H-1338.30
Resorte	H-1338.31
Tornillo	H-1338.36
Golilla	H-1338.37
Caja de desenganche	H-1338.40
Tornillo para caja de desenganche	H-1338.40.1



Montaje y repuestos del martillo

Descripción	Modelo
Pasador de horquilla con tornillo	H-1338.29
Guía localizador	H-1338.25
Perno de cabeza hexagonal	H-1338.25.1
Golilla	H-1338.25.2
Tuerca	H-1338.25.3
Espaciador	H-1338.25.4
Tirador de martillo	H-1338.26
Pasador de resorte	H-1338.26.1
Barra de martillo	H-1338.27
Llave	H-1338.27.1
Pesa de martillo (completo)	H-1338.32
Tapón	H-1338.33
Resorte	H-1338.34
Pié de martillo, plano	H-1338.35
Pié de martillo, cónico	H-1338.38
Pié de martillo, especificación Canadiense	H-1338.39
Tornillo para el pie	H-1338.35.1
Tornillo cabeza de tubo de 5/16 x 18 x 1..25"	H-1338.36
Golilla	H-1338.37



Set de Compactación Manual para moldes de 4"— H-1345

Facilita la compactación manual de especímenes Marshall de 4". Se caracteriza por el pedestal de roble indicado por la ASTM con una barra de soporte la cual mantiene al martillo alineado perpendicularmente con la base durante la compactación. También tiene un porta molde que lo mantiene en una posición segura durante la compactación. El set incluye: H-1340G Martillo de compactación, H-1347 Pedestal con Placa de Acero, H-1341 Molde de compactación, H-1343 Porta Molde de Compactación, H-1345.6 Barra de soporte del Martillo y H-1345.5 Guía Ajustable. Para una eficiente operación, se sugiere tener moldes y martillos adicionales, permitiendo calentar varios moldes y martillos lo cual acelera el proceso de ensayo. Cumple con la norma ASTM D6926. Peso de embarque: 165 lbs (74.8 Kg.)

Martillo de Compactación Manual de 4"— H-1340

Compacta la mezcla de asfalto en el molde de compactación. La superficie circular plana es de 3-7/8" dia.; el peso deslizante es de 10 lb. (4.54 Kg.) y tiene una caída libre de 18" (457mm). Para una eficiente operación, se sugiere tener moldes y martillos adicionales. Peso de Embarque: 20lb. (9.0kg)

Martillo de Compactación Manual de 4" con protección para dedos— H-1340G

Compacta la mezcla de asfalto en el molde de compactación. El martillo tiene una protección para los dedos en la base del peso deslizante. La superficie circular plana es de 3-7/8" dia.; el peso deslizante es de 10 lb. (4.54 Kg.) y tiene una caída libre de 18" (457mm). Para una eficiente operación, se sugiere tener moldes y martillos adicionales. Peso de Embarque: 20lb. (9.0kg)

Porta Molde para Compactación Manual, 4"— H-1343

Se monta en el pedestal del compactador para centrar el molde de compactación sobre el centro del poste. El porta molde afirma el molde, collar y placa base en posición segura durante la compactación de las muestras. Peso de Embarque: 10 lb. (4.5 kg)

Pedestal para Compactador Manual de 4"— H-1347

Necesario para estabilizar el molde durante la compactación. Consiste en un poste de madera de 8x8x18" (203x203x457mm) revestido con una placa de acero de 12x12x1" (305x305x25mm). El pedestal se instala en una superficie de concreto con cuatro escuadras de ángulo en la base del pedestal. Peso de Embarque: 90lb. (40.8kg)

Guía ajustable para martillo— H-1345.5

Guía para martillo de compactación manual. Peso embarque: 3 lbs (1.4 Kg.)

Barra de soporte para martillo— H-1345.6

Barra de soporte para martillo de compactación manual. Peso de embarque: 9 lbs (4.1 Kg.)

Folleto diseño de mezclas y Ensayo Marshall— H-1328A

El sistema de diseño de mezclas del nuevo Superpave continúa evolucionando, a nivel mundial muchos usuarios continúan confiando en el Método Marshall para el diseño de la mezcla del asfalto caliente. Este folleto explica el criterio de diseño de mezclas de Marshall; el equipo necesario para efectuar los ensayos; la preparación de muestras y los procedimientos de ensayo; los análisis de datos, como también la susceptibilidad a la humedad de los métodos de ensayo.

Para facilitar el calentamiento de moldes y martillos en operación, ver descripción de hornos (página 246) y placas calefactoras (página 244)



Molde de compactación Marshall de 6"— H-1367

Para preparar especímenes a ser compactados con los compactadores H-1366 y H-1366R. Puede ser usado con modelos de bases estacionaria o rotatoria. Cumple con la norma ASTM D5581.

Peso de embarque: 15 lbs. (6.8 Kg.)

Molde de compactación Marshall de 150 mm— H-1367MM

Similar al anterior, pero de 150 mm de diámetro.

Peso de embarque: 15 lbs. (6.8 Kg.)

Molde de compactación Marshall de 4" (Base rotatoria)— H-1337

Para preparar especímenes a ser compactados con todos los compactadores de base rotatoria (H-1364ER, H-1346 y H-1356) así como también H-1364 de base estacionaria. La placa base del molde está diseñada para enlazar con la base rotatoria del compactador lo cual produce que el molde esté rotando durante la compactación. El molde formador es de 4" (102 mm) ID por 3" (76 mm) de alto. Cumple con la norma ASTM D6926.

Peso de embarque: 10 lbs. (4.5 Kg.)

Molde de compactación Marshall de 100 mm (Base rotatoria)— H-1337MM

Similar al anterior, pero de 100 mm de diámetro.

Peso de embarque: 10 lbs. (4.5 Kg.)

Molde de Compactación Marshall de 4" (Base estacionaria)— H-1341

Molde de compactación de estabilidad para preparar muestras con compactador mecánico H-1336 y compactadores manuales H-1340 y H-1345. Consiste en una placa base, molde para moldaje y collar. Se fabrican partir de una tubería sin soldadura y luego se pulen. La placa base y el collar son intercambiables con cualquiera de los dos extremos del molde. El molde es de 4" (102mm) I.D. por 3" (76mm) de altura. Cumple con la norma ASTM D6926. Peso de Embarque: 10lb. (4.5kg)

Discos de Papel de 4" (1000/pkg)— H-1341P

Discos de Papel de 6" (500/pkg)— H-1361P

Disco redondo de 4" ó de 6" de diámetro y bordes lisos se pone en la base de los moldes de compactación H-1341 (4") ó H-1367 (6") antes de colocar la mezcla y de efectuar la compactación. Facilita la extracción de la muestra desde el cilindro. Peso de embarque: 4 lbs. (1,8 Kg)

Contenedor para almacenamiento de muestras Marshall— H-1331

Contenedor de 2 lb con tapa para almacenamiento de muestras Marshall.

Extractor de molde de 4" – H-1348.

Peso de embarque: 2 lbs. (1 Kg.)

Extractor de molde de 6" – H-1363.

Peso de embarque: 3 lbs. (1.4 Kg.)

Usados con las prensas de compresión para remover muestras de los moldes de 4" o 6".

Extractor de Muestras de Accionamiento Manual— H-1353A

Diseñado para extraer muestras de asfalto de los moldes de compactación de 4" ó de 6" en terreno o en laboratorio. La fuerza de extracción es generada por medio de una gata hidráulica accionada a mano con capacidad de 3-ton (27.7 KN). El conjunto de cilindros del extractor de aluminio fundido puede ser posicionado a diferentes alturas mediante pasadores de desenganche rápido. Esto permite al operador hacer coincidir fácilmente el trayecto de eyección con la altura del molde que se está usando. Dimensiones totales: 13"Wx6"Dx27"H. (330x152x686mm).

Peso de embarque: 60 lbs. (27.2 Kg.)

Extractor de Muestra Motorizado, 110V 60Hz— H-1355

Extractor de Muestra Motorizado, 220V 50/60Hz— H-1355.4F

Similar en diseño y construcción al eyector de muestra H-1353A, pero este modelo usa un montaje de bomba hidráulica y pistón motorizados con capacidad de 5-ton. Esta unidad incorpora barras rectas extendidas para poder acomodar ambos moldes estándar de 4" ó de 6" como también moldes rotatorios más altos. Dimensiones totales excluyendo la bomba: 13"Wx6"Dx29"H (330x152x737mm). Peso de embarque: 80 lbs. (36.3 Kg.)

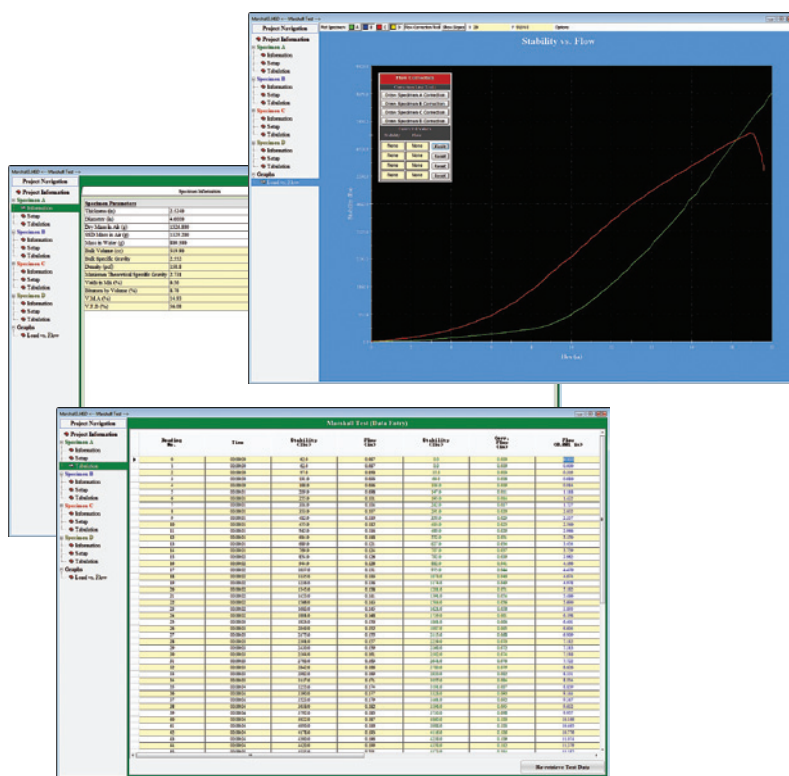
Cumple con las normas ASTM D5581, D6927 y D6931; AASHTO T245, T283, BS 598, EN12697-34 y otras internacionales aplicables



HM-3000.3F la Solución al Ensayo Marshall

HM-3000 brinda la más avanzada solución de un marco de carga multipropósito para llevar a cabo ensayos Marshall y Hveem con parámetros de ensayos incorporados y también ensayos de suelos como CBR, UU, CU, CD y UC. La HM-3000 puede trabajar como unidad independiente realizando ensayos Marshall sólo presionando un botón, o con la ayuda de un computador y el software HMTS de Humboldt, automatizarse para efectuar los ensayos y obtener datos en tiempo real en forma de cartas y gráficos. La HM-3000 es ideal para proyectos de construcción de carreteras ya sea en laboratorios fijos o móviles, instituciones educacionales y firmas consultoras.

Descripción	Cant.	Número de parte
Prensa Digital MasterLoader	1	HM-3000.3F
Celda de Carga tipo S, 10.000 lbs. (50 KN)	1	HM-2300.100
Transductor de deformación, 1" (25 mm)	1	HM-2310.10
Brazo para transductor de desplazamiento	1	HM-4178BRT
Software para informe ensayo Marshall	1	HM-3005SW



Configuración Marshall usando la prensa HM-3000.3F

En la fotografía se ve el marco de carga HM-3000.3F con una configuración Marshall típica. Ver el cuadro siguiente para los ítems a ordenar para tal configuración. Para mayor información acerca del marco de carga HM-3000.3F ver la página 60.

Software HMTS para ensayo Marshall— HM-3005SW

El software de ensayo de materiales Humboldt (Humboldt Material Testing Software) HMTS es una aplicación autónoma usada en conjunto con marcos de carga Humboldt, miniloggers, etc. para la adquisición de datos en tiempo real. El módulo Marshall es una interface simple de un ensayo específico para controlar las operaciones del ensayo Marshall y registrar los datos automáticamente mientras los gráficos y tablas son mostrados en tiempo real. De este modo los técnicos están libres para atender otras obligaciones con la seguridad de que todos los datos están siendo registrados y guardados.

- La información del ensayo es almacenada y todos los cálculos son efectuados automáticamente.
- Capacidad para ensayos y gráficos en vivo (en tiempo real)
- Completo informe del ensayo incluyendo todos los cálculos y gráficos requeridos.
- Revisión y exportación de los ensayos usando Microsoft Excel.
- Función de ensayo inteligente: lo toma automáticamente donde fue dejado si no pudo terminarse debido a un evento no esperado en su computador.

Cumple con las normas ASTM D5581, D6927 y D6931; AASHTO T245, T283, BS 598, EN12697-34 y otras internacionales aplicables



Características:

- Platina de 8" que proporciona una base espaciosa y estable.
- Dos canales con adquisición de datos en tiempo real.
- Pantalla LCD retro iluminada muestra los datos de ensayo y de pico.
- Reloj de tiempo real respaldado por batería.
- Interface RS232 provee el control por computador y descarga de los datos del ensayo.
- Salida para registro de carta
- Almacenamiento de datos y calibración de instrumento no volátil.
- Auto conversión de calibración de instrumento entre unidades inglesas o imperiales y SI o unidades métricas.

HM-1327MAR se muestra con graficador HM-1327.400.3F y cabezal de ruptura H-1324, ambos son accesorios opcionales

La HM-1327 es un marco de carga automático de una velocidad (2.0"/min; 50.8 mm/min), diseñado para quien desea un producto de alta calidad, con una aplicación específica, simple de operar y con capacidad de adquisición de datos incorporada. La HM-1327 proporciona dos canales con adquisición de datos integral para acomodar una celda de carga y transductor para el ensayo Marshall. El visor digital de la máquina tiene la capacidad de monitorear en tiempo real los datos del ensayo, tanto como ver de una mirada un valor pico del ensayo.

La HM-1327 puede ser ordenada en las siguientes configuraciones:


HM-1327— Marco de carga y software HMTS de Humboldt

HM-1327MAR— Incluye una celda de carga de 10.000 lb (50 KN) tipo S, un transductor de presión de 1" (25 mm) y HM-3005SW Software HMTS Marshall.

HM-1327TSR— Incluye una celda de carga de 10.000 lb (50KN) tipo S y Software HMTS de Humboldt.

HM-1327WCR— Incluye una celda de carga de 10.000 lb (50 KN), un graficador HM-1327.400.3F y Software HMTS de Humboldt.

Descripción	Modelo
Prensa Marshall/TSR sólo con Software de Informe HMTS, 115V 60Hz	HM-1327
Prensa Marshall/TSR sólo con Software de Informe HMTS, 220V 60Hz	HM-1327.2F
Prensa Marshall/TSR sólo con Software de Informe HMTS, 220V 50Hz	HM-1327.5F
Prensa Marshall/TSR con celda de carga, transductor de presión y Software de Informe HMTS, 115V 60Hz	HM-1327MAR
Prensa Marshall/TSR con celda de carga, transductor de presión y Software de Informe HMTS, 220V 60Hz	HM-1327MAR.2F
Prensa Marshall/TSR con celda de carga, transductor de presión y Software de Informe HMTS, 220V 50Hz	HM-1327MAR.5F
Prensa Marshall/TSR con celda de carga, y Software de Informe HMTS, 115V 60Hz	HM-1327TSR
Prensa Marshall/TSR con celda de carga, y Software de Informe HMTS, 220V 60Hz	HM-1327TSR.2F
Prensa Marshall/TSR con celda de carga, y Software de Informe HMTS, 220V 50Hz	HM-1327TSR.5F
Prensa Marshall/TSR con celda de carga, graficador y Software de Informe HMTS, 115V 60Hz	HM-1327WCR
Prensa Marshall/TSR con celda de carga, graficador y Software de Informe HMTS, 220V 60Hz	HM-1327WCR.2F
Prensa Marshall/TSR con celda de carga, graficador y Software de Informe HMTS, 220V 50Hz	HM-1327WCR.5F

Peso de embarque: 248 lbs (112kg) 

Descripción	Modelo
Graficador para ser usado con modelos HM-1327	HM-1327.400.3F



H-1339B



H-1335
Set Básico para Ensayo Marshall



HM-2800

Máquina de Compresión Marshall, 115V 60Hz— H-1339B

Máquina de Compresión Marshall, 220V 60Hz— H-1339B.2F

Máquina de Compresión Marshall, 220V 50Hz— H-1339B.5F

Diseñada específicamente para medir la resistencia al flujo plástico de las mezclas de pavimentos bituminosos. La máquina de ensayo tiene un motor con interruptor de reversa que produce un movimiento vertical uniforme de 2" (51mm) por minuto. Incluye anillo de carga calibrado y dial indicador para determinar la carga de ensayo. Su capacidad es de 10.000 lb. (4500 Kg.); carrera del émbolo es 3-1/2" (88mm). Dimensión total: 18x18x38-1/2" H (457x457x978mm). Peso de embarque: 185 lbs. (78.9 kg)

Set de Ensayo Marshall Básico, 120V 60Hz— H-1335

Set de Ensayo Marshall Básico, 230V 60Hz— H-1335.2F

Set de Ensayo Marshall Básico, 230V 50Hz— H-1335.5F

Set básico para evaluar la estabilidad y flujo plástico (Ensayo Marshall) de mezclas de pavimento bituminosas. Incluye todo el equipo básico para realizar estos ensayos. Su configuración es ideal tanto para aplicaciones in-situ como para laboratorios dedicados a los ensayos Marshall. En el set están incluidos: (1) H-1339B Máquina de Compresión Marshall; (1) H-1340 Martillo de compactación manual de 4"; (2) H-1341 Moldes de compactación Marshall de 4"; (1) H-1342 Cabezal de ruptura Marshall de 4"; (1) H-1343 Porta molde de compactación manual; (1) H-1344 Dial indicador; (1) H-1347 Pedestal de 4" para compactación manual; (1) H-1348 Extractor de molde de 4" y (1) H-1390 Baño Termostático de agua.

Peso de embarque: 325 lb (147.4 Kg.)

Set de Ensayo Marshall Básico métrico, 230V 60Hz— H-1335M.2F

Set de Ensayo Marshall Básico métrico, 230V 50Hz— H-1335M.5F

Similar a los H-1335.2F y H-1335.5F excepto que incluyen un medidor de flujo H-1344M, un molde de 100 mm H-1337MM y un cabezal de ruptura H-1342M. Peso de envío: 325 Lbs. (147 Kg.)

Kit accesorio digital, 110-250V, 50-60Hz— H-1324A.3F

Visor digital de doble canal para usar con H-1339. Incluye celda de carga tipo S de 10.000 lbf (50kN), transductor de deformación lineal de 0.4" (10mm) y soporte del transductor. Visor de 12x10x4" (304x254x102mm).

Kit Accesorio de Graficador, 115V 60Hz— H-1329CK

Kit Accesorio de Graficador, 220V 50Hz— H-1329CK.5F

Convierte su prensa modelo H-1339 en una prensa y graficador Marshall automático. Incluye sensor LVDT, celda de carga electrónica, plotter y anillo de carga modelo H-4454.100. Peso de embarque: 18 lb (8.2 Kg.)

Marco de carga multi-velocidad, 115V 60Hz— HM-2800

Marco de carga multi-velocidad, 220V 50/60Hz— HM-2800.4F

La HM-2800 es una máquina multi-uso y multi-velocidad que proporciona una configuración especial para ensayos Marshall además de su capacidad de entregar velocidades de operación variables entre 0.008 y 2.000 pulgadas por minuto con lo cual se pueden efectuar múltiples ensayos hoy requeridos a los laboratorios.

La HM-2800 posee un suave motor de CC que proporciona una velocidad de aplicación de la carga desde .008 a 1.999 pulg./min. Controlado por medio de llaves y un visor digital. También tiene incorporado un control separado especial para obtener 2.00 pulg./min para uso en ensayos Marshall y TSR para asfaltos. Los controles también consideran una velocidad de aproximación rápida de 2.25 pul./min. La HM-2800.4F usa un transformador elevador para la conversión eléctrica. Peso de embarque: 300 lb (136 Kg.)

Para mayor información acerca del HM-2800 ver página 72. Ver la siguiente tabla para los ítems a ordenar para la configuración mostrada:

Configuración Marshall con Marco de Carga HM-2800

Descripción	Cant.	Número de parte
Marco de carga multi-velocidad	1	HM-2800
Anillo de Carga 11.000 lbf (50 KN)	1	H-4454.100
Dial Indicador de Flujo	1	H-1344
Cabezal de Ruptura Marshall de 4"	1	H-1342



H-4454.100D



H-4454.100



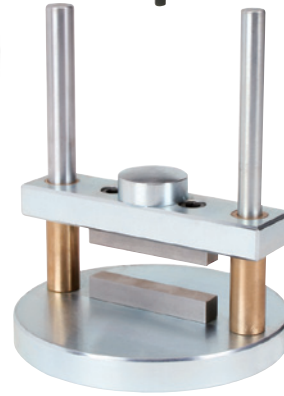
H-1344



H-1344.2



H-1342
H-1362



H-1349
H-1369

Anillo de Carga para Ensayo Marshall, 11.000 lbf (4.550 Kgf, 50 KN)— H-4454.100

Anillo de Carga para Ensayo Marshall, 5.500 lbf (2.500 Kgf, 25 KN)— H-4454.050

Anillos de carga calibrados con dial indicador para usar en ensayos Marshall, con número de serie para una identificación positiva. Vienen con una carta de calibración, mostrando la relación entre deflexión y libras fuerzas para cada anillo. Las unidades son calibradas cada 20 lbs. Desde 0 a 1.000 lbs. y cada 50 lbs. Desde 1.000 a 11.000 lbs. con la deflexión adecuada para interpolar a 10 lbs. In Kgf y KN. Viene con montaje de hilo hembra 3/4" – 16. Peso de embarque: 8 lbs. (3,7 KN)

Anillo de Carga Digital, 11.000 lbf (4.550 Kgf, 50 KN)— H-4454.100D

Anillo de Carga Digital, 5.500 lbf (2.500 Kgf, 25 KN)— H-4454.050D

Idénticos a los anillos de carga recién descritos, excepto que usan indicadores digitales en lugar de los diales indicadores.

Anillos de Carga

Anillos de carga para ser usados en otras variadas aplicaciones. Cumplen con la norma ASTM E74. Con número serie para identificarlos. Vienen con una carta de calibración, mostrando la relación entre deflexión y libras fuerzas para cada anillo.

Rango and Unidades de Medición			Modelo	
lbf	kN	kgf	Analog	Digital
110	0.5	50	H-4454.001	H-4454.001D
220	1.0	100	H-4454.002	H-4454.002D
550	2.5	250	H-4454.005	H-4454.005D
1,100	5.0	500	H-4454.010	H-4454.010D
2,200	10.0	1,000	H-4454.020	H-4454.020D
5,500	25.0	2,500	H-4454.050	H-4454.050D
11,000	50.0	5,000	H-4454.100	H-4454.100D
22,000	100.0	10,000	H-4454.200	H-4454.200D

NOTA: ASTM recomienda recalibrar las celdas de carga una vez al año desde su puesta en servicio.

Cabezales de Ruptura Marshall de 4"— H-1342

Cabezales de Ruptura Marshall de 100 mm— H-1342M

Cabezales de Ruptura Marshall de 6"— H-1362

Cabezales de Ruptura Marshall de 150 mm— H-1362M

Los cabezales de ruptura Marshall consisten en segmentos cilíndricos superiores e inferiores con un radio de curvatura interior de 3" para muestras de 6" y de 2" y para muestras de 4". El segmento inferior va montado sobre una base; dos barras guías perpendiculares se extienden verticalmente desde la base. Una barra guía es más larga que la otra, con su correspondiente camisa guía también más larga en el segmento superior para asegurar un ensamblaje correcto. Las camisas guías en el segmento superior juntan las dos secciones sin que las varillas guías se aprieten o suelten de manera apreciable. Cumplen con norma ASTM D6927.

Peso de embarque, H-1342: 20 lbs (9,1 Kg.); H-1362: 30 lbs. (13,65 Kg.)

Cabezal de Ruptura Lottman de 4"— H-1349

Cabezal de Ruptura Lottman de 100 mm—H-1349M

Cabezal de Ruptura Lottman de 6"— H-1369

Cabezal de Ruptura Lottman de 150 mm— H-1349M

Este cabezal de ruptura efectúa pruebas de resistencia a la tensión. El Modelo H-1349 tiene segmentos superiores e inferiores de 1/2" de ancho para usar con el molde de 4". El Modelo H-1369 tiene segmentos superiores e inferiores de 3/4" de ancho para usar con el molde de 6". Cumple normas ASTM D4123, AASHTO T283. Peso de embarque: 10 lbs. (4,5 Kg.)

Kit Dial Indicador de Flujo— H-1344

Kit Dial Indicador de Flujo, métrico— H-1344M

Este instrumento consiste en un dial indicador especial con freno de posición máxima y una camisa guía que se ajusta a la barra guía del molde de prueba de estabilidad, modelos H-1342 ó H-1362. H-1344 tiene un rango de 1.00" con divisiones de 0,01" y el H-1344M tiene un rango de 25mm con divisiones de 0,25mm.

Dial Indicador para medidor de flujo— H-1344.2

Dial Indicador para medidor de flujo, métrico— H-1344.2M

Dial Indicadores medidores de flujo de repuesto para H-1344 y H-1344M

Camisa Guía para Medidor de Flujo— H-1344.1



H-1390

H-1394

H-1380

Baño de Agua con control de temperatura por microprocesador.

- Auto regulación rápida y sencilla.
- El visor digital doble muestra simultáneamente el punto de ajuste y la temperatura del proceso
- Rampa de ajuste trata suavemente los procesos de temperatura crítica.
- Limitación en el rango de puntos de ajuste protege los procesos y el equipo.
- Límite de potencia porcentual protege contra la fatiga de los componentes.
- Rapidez de los ciclos entrega rápida respuesta del sistema.
- Bloqueo al operador para evitar cambios no deseados.
- Todas las partes expuestas son de acero inoxidable. El panel frontal es resistente al agua y la corrosión.

Los baños del agua Humboldt son un complemento perfecto para uso con los ensayos Marshall, Superpave y cumplen con las normas ASTM D6927, D5581 y D4867.

Los baños de agua Humboldt proveen un control de temperatura preciso desde temperatura ambiente a 180° (82°) con una exactitud $\pm 0.1\%$ del intervalo de entrada. El visor digital doble muestra de un vistazo simultáneamente el punto de ajuste y la temperatura del proceso.

Los baños de agua Humboldt son totalmente aislados para ayudar a mantener fácilmente temperaturas constantes. Los modelos H-1390 y H-1392 pueden acomodar (12) muestras Marshall de 4" o (3) de 6" de diámetro y el modelo H-1394 tiene capacidad para (16) especímenes de 4" y 9 de 6". Todos los modelos incluyen una repisa de acero inoxidable que soporta los moldes y permite una circulación libre de agua de 2" sobre y bajo ellos. Los modelos H-1390 y H-1394 también utilizan un circulador magnético para inducir un flujo de agua y asegurar la mantención de una temperatura uniforme. El modelo H-1392 no tiene circulador magnético.

Todas las áreas expuestas son de acero inoxidable y el panel de control delantero es resistente al agua y la corrosión.

Baño de Agua de Lujo, 110V 60Hz— H-1390

Baño de Agua de Lujo, 220V 50/60Hz— H-1390.4F

Control de temperatura basado en microprocesador para control preciso de temperatura en el rango. Incluye circulador magnético, garantizando temperatura constante del agua, y una bandeja de acero inoxidable que se ubica a 2" (51mm) del fondo de la unidad para la circulación libre del agua sobre y debajo de las muestras para ensayo. El volumen es de 7.76 galones (29.40L) y las dimensiones son: DI: 19.5"W x 11.5"D x 8"H (495.3x292.1x203.2mm). Peso de embarque: 47 lbs. (21.4kg).

Baño de Agua Grande de Lujo, 110V 60 Hz— H-1394

Baño de Agua Grande de Lujo, 220V 50/60Hz— H-1394.4F

Igual al modelo H-1390, excepto el volumen que es: 17.32 galones (65.56 L) y sus dimensiones son: 20" x 20" x 10" de profundidad (508 x 508 x 254mm). Peso de embarque 74 lbs. (33.5kg)

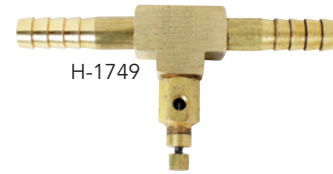
Baño de Agua Económico, 110V 60Hz— H-1380

Baño de Agua Económico, 220V 50/60Hz— H-1380.4F

Baño de agua alternativo de bajo costo para calentar muestras, soporta ocho moldes de estabilidad estándar de 4". La repisa de soporte sobre el fondo permite la circulación de agua alrededor de las muestras. Tiene un control termostático automático con un rango desde 150°F a 500°F (65°C a 160°C). I.D. 11-1/2 x 19-1/2 x 5-1/2" (293 x 497 x 140mm) de profundidad. El modelo H-1380.4F incluye un transformador de voltaje. Peso de embarque: 28 lbs. (12,7 Kg.)



Configuración Típica para Ensayo Rice



H-1749



H-1754D



H-1750



H-1755A

H-1750

H-1751

Disponible Comparación de Tamaño de Picnómetro



H-1820

Picnómetro de vacío de 4.34 l (Ensayo Rice), set— H-1750

Usado en el ensayo Rice para determinar la máxima gravedad y densidad específica de las mezclas de pavimento bituminoso con agregados de hasta 19.1 mm (3/4"). Tiene un volumen de 4.34 litros con un volumen máximo para muestra de 2.9 litros y 2500g con un tamaño de muestra típico de 7-1/2" DI x 6" de profundidad. Incluye recipiente volumétrico de aluminio, tapa volumétrica, tapa plana al vacío de Plexiglass con O-ring, vacuómetro con válvula de desahogo y accesorios, aspirador metálico de agua al vacío 3/8" IPT, manguera de 6'. La caja volumétrica de aluminio tiene 7.5" dia por 6" profundidad. Usar con mesa vibradora H-1756A o dispositivo de aireador H-1782 y manómetro H-1754D, que se vende aparte. Ver páginas 158-159 para bombas de vacío. Piezas de repuesto están disponibles, por favor pregunte al respecto. Cumple con normas ASTM D2401; AASHTO T209, T283. Peso de embarque: 12 Lbs. (5 Kg.)

Picnómetro de vacío de acero inoxidable de 4.34 l (Ensayo Rice), set— H-1750SS.

Similar al anterior excepto que el recipiente es de acero inoxidable.

Picnómetro de vacío chico de 2.9 l (Ensayo Rice), set— H-1751

Tiene un volumen de 2.9 litros con un volumen máximo para muestra de 1.9 litros y 1500g con un tamaño de muestra típico de 7-1/2" DI x 4" de profundidad. No cumple normas ASTM.

Picnómetro de vacío de 5.8 l (Ensayo Rice), set— H-1755A

Tiene un volumen de 5.8 litros con un volumen máximo para muestra de 3.9 litros y 4000g con un tamaño de muestra típico de 7-1/2" DI x 8" de profundidad. Peso de envío: 12 Lbs. (5 Kg.)

Tapa de repuesto— H-1750.2

Para modelos H-1750 y H-1751

O'ring— H-1750.3

Para modelos H-1750 y H-1751

Picnómetro de Vacío de Gran Capacidad (Ensayo Rice)— H-1820

Unidad de gran capacidad, 10 litros (2.64 Gal.), 6000 g (13.2 Lbs.) de peso de la muestra, con tamaño máximo de agregado de 50 mm (2"). Tiene cubierta transparente con forma de cúpula para fácil observación de los ensayos. Incluye válvula de entrada de agua y manguera de 1/4" I.D., de desconexión-rápida, manómetro de vacío, manguera de vacío y aspirador con un ajuste NPT de 3/8". Flange O.D: 10 3/4" (273mm), espacio libre máximo sobre la placa de 7 3/4" (197mm). Se usa con mesa vibradora H-1826A, bomba de vacío y manómetro H-1754D los cuales deben pedirse en forma separada. Ver páginas 158-159 para bombas de vacío. Piezas de repuesto están disponibles, por favor pregunte por ellas. Dimensiones: 9-7/16" I.D. x 12-1/8" (240 I.D. x 311mm). Cumple normas AASHTO T209, T283. Peso de envío: 10 Lbs. (5 Kg.)

Manómetro Digital, 120V 60Hz— H-1754D

Manómetro Digital Certificado, 120V 60Hz— H-1754DCA

Manómetro Digital, 220V 50/60Hz— H-1754D.4F

Manómetro Digital Certificado, 220V 50/60Hz — H-1754DCA.4F

Instrumento de precisión diseñado para reemplazar los manómetros de mercurio usados en la aplicación del ensayo Rice. Instrumento manual, portátil y de fácil traslado dentro del laboratorio. Viene con perforación para su instalación en muralla o piso y conexión de lengüeta de 3/8" para conexión rápida. Visor digital de rango 0 a 1000mm (absoluto) con una resolución de 0.1mm Hg. Precisión nominal de ±0.5% de la escala completa. Opera con una batería de 9V o adaptador de CA, los cuales vienen incluido. Peso de embarque: 5 Lbs. (2 Kg.)

Válvulas de liberación lenta para Picnómetros de Vacío— H-1749

Se usa con H-1750, H-1751 y H-1820 para una mayor exactitud y menor tiempo de secado. La válvula de bronce mantiene una presión de vacío de 30mm sobre la muestra. Cumple normas ASTM D2041, AASHTO T283.



H-1782



H-1756A



H-1826A

H-1753 mostrado
en uso con H-1782

H-4296A



H-4296



H-1759



H-1758



H-1757



H-1763A

Aparato Vibrador para picnómetro, 120V 60Hz— H-1756A

Aparato vibrador para uso con los picnómetros H-1750, H-1755A y H-1751 de trabajo pesado, mantiene el material de muestras suelto para resultados de ensayos más confiables. Vibrador fuerte y resistente con bases firmes, tienen interruptores integrales de encendido/apagado para trabajo pesado. Los exclusivos apretadores de leva/enclavamiento de desenganche rápido permiten colocar y retirar la caja rápidamente. Peso de envío: 15 Lbs. (7 Kg.)

Aparato vibrador para el modelo H-1820, 120V 60Hz— H-1826A

Aparato vibrador para el modelo H-1820, 220V 50/60Hz— H-1826A.4F

Aparato vibrador para trabajo pesado mantiene el material de muestras suelto para resultados de ensayos más confiables. Vibrador fuerte y resistente con bases firmes, tienen interruptores integrales de encendido/apagado para trabajo pesado. Los exclusivos apretadores de leva/enclavamiento de desenganche rápido permiten colocar y retirar la caja rápidamente. El modelo de extremo-abierto tiene una regla deslizante y es graduado sobre y bajo cero hasta 130x1mm. Peso de envío: 48 Lbs. (22 Kg.)

Accesorio para Matraz— H-1753

Para uso con H-1756A y H-1782, matraz no está incluido.

Aparato de deaireación orbital para picnómetro, 120V 60Hz— H-1782

El aparato de deaireación orbital Humboldt está diseñado para uso en las determinaciones de gravedad y densidad específicas máximas de las mezclas de pavimento bituminoso. A través del uso de una acción sacudidora orbital, la densificación del material que atrapa el aire, queda prácticamente eliminada lo que entrega resultados de ensayos más exactos y uniformes. El panel delantero tiene incorporado un control de velocidad variable con un rango de 10 a 250 RPM y un contador de tiempo (timer) programable con una precisión superior a $\pm 0.1\%$. El diámetro orbital de la plataforma de 11"x12" (279x305mm) se fija a 1-1/2" (38.1mm). Ocupa poco espacio de mesón ya que la base mide 10"x10" (154x154mm) con una altura total de 16" (406mm). Tiene abrazaderas de desenganche rápido para montaje y desmontaje del picnómetro. El accesorio opcional H-1753 permite al usuario efectuar los ensayos con un vaso de precipitado de laboratorio.

Peso de embarque: 39 Lbs. (17 Kg.)

Nota: para su operación a 220V, se debe ordenar el transformador modelo H-1042.

Cronómetro Digital Universal (Timer), 110V 60Hz— H-4296A

Cronómetro Digital Universal (Timer), 220V 50/60Hz— H-4296A.4F

Este cronómetro (Timer) portátil automáticamente apaga todos los instrumentos eléctricos a una hora prefijada de hasta 60 minutos. Posee una interface fácil de usar y un receptáculo con dos enchufes machos. Peso de envío: 6 Lbs. (3 Kg.)

Cronómetro Análogo Universal (Timer), 110V 60Hz— H-4296A

Cronómetro Análogo Universal (Timer), 220V 50/60Hz— H-4296A.4F

Este cronómetro (Timer) portátil automáticamente apaga todos los instrumentos eléctricos a una hora prefijada de hasta 60 minutos. Posee un receptáculo con dos enchufes machos.

Unidad Indicadora de Secado al aire Drierite— H-1759

Esta unidad se instala fácilmente en línea entre la bomba de vacío y el equipo de ensayo "Rice". Este equipo rellenable mide 2-5/8" por 11-3/8" (667x289mm) con conexiones de lengüeta de manguera en ambos extremos, que usan tubería flexible de 1/4" a 3/8". Se suministra completo con 650g del indicador de secado, malla 8. Peso de envío: 3 Lbs. (1.5 Kg.)

Desecador Drierite, 1 lb/ malla 8— H-1757

Desecador Drierite, 5 lb/ malla 8— H-1767

Desecador de reemplazo para la unidad de secado de aire. Protege las bombas de vacío eliminando los últimos restos de humedad. Cumple norma ASTM D2041.

Desecador Indicador Drierite, 1 lb/ malla 8— H-1758

Desecador Indicador Drierite, 5 lb/ malla 8— H-1761

El Indicador Drierite está impregnado con cloruro de cobalto. Este desecador es azul cuando está seco y cambia a rosado con la absorción de humedad. El cambio de color es pronunciado y claramente visible, lo cual hace muy valioso al Indicador Drierite ya que permite conocer si el secado se está realizando o si es necesario reemplazar el agente secador. Es tan eficiente como el Drierite regular y se puede regenerar para ser reusado. Cumple con norma ASTM D2041.

Bomba de Alto Vacío, 120V 60Hz— H-1763A

Bomba de Alto Vacío, 230V 50/60Hz— H-1763A.4F

Bomba de Alto Vacío con aspas deslizables de desplazamiento rotatorio de dos etapas de accionamiento directo tiene gas regulador y una trampa para reducir el riesgo de que el aceite sea succionado dentro del sistema. Produce un desplazamiento de aire libre de 85 l/min. (3 pie³/min.) y un vacío máximo de 29-30". Opera a una temperatura de 30 a 170°F (-1.11 a 76.6°C). Tiene lumbreras de admisión de 1/4" O.D. para tuberías de 1/4" I.D. Las dimensiones son: 11-1/4 x 15-1/2 x 6-1/2" (28.6 x 39.4 x 16.5 cm). Peso de embarque: 26 Lbs. (12.7 Kg.)



H-1762



H-1770



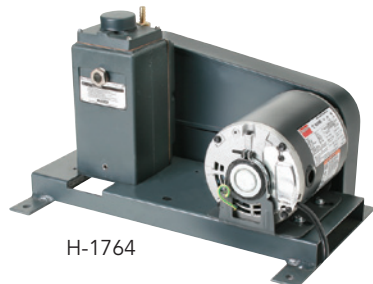
H-1766.2



H-1768.3



H-1766.3

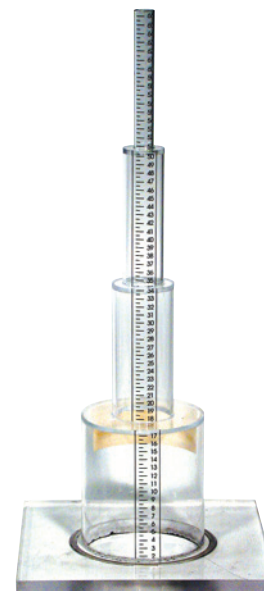


H-1764



HM-9110

HM-9111



HM-9113

Bomba de Vacío sin aceite de dos etapas, 120V 60Hz— H-1762
Bomba de Vacío sin aceite de dos etapas, 230V 50/60Hz— H-1762.4F

Bomba de Vacío de Diafragma sin Aceite de dos etapas, de 4 polos con condensador dividido, alcanza 29" Hg de vacío máximo.
Peso de Embarque: 25lb. (11.36kg)

Bomba de vacío de dos etapas, 120V 60Hz— H-1764
Bomba de vacío de dos etapas, 230V 60Hz— H-1764.2F
Bomba de vacío de dos etapas, 230V 50Hz— H-1764.5F

Esta bomba de dos etapas está diseñada para el uso continuo en base al principio de las paletas rotatorias con retén de lubricación y es ideal para la destilación, filtración, desgasificación y como bomba previa a los sistemas de Bombas de Alto Vacío. Las bombas son montadas sobre una placa de base de acero rectangular e incluye una correa V y un guarda correa que envuelve completamente correa y poleas. La bomba produce un vacío máximo de 29-30". Incluye un suministro inicial de aceite además de 1 Qt. extra de aceite HyVac®. Peso de Embarque: 80 Lbs. (36.3 Kg.)

Bomba de Vacío— H-1770

Para uso general, de pequeña capacidad y de alto vacío con guarda correas, tiene una construcción en dos etapas para un buen rendimiento con baja mantención. Contiene paletas de metal y desahogos para introducir el aire y sacar los vapores condensables. La bomba es llenada con aceite, se incluye un cuarto de galón. El filtro del desahogo está disponible separadamente. El Vacío final garantizado es de 25-29" (635-736mm) de mercurio y el desplazamiento libre de aire es 25 l/min. (0.9 pie³/min).
Peso de envío: 80 Lbs. (36 Kg.)

Aceite para Bomba de Vacío

Aceite de alta pureza con baja presión de vapor, la cual no aumenta substancialmente con temperaturas de hasta 50°C (122°F) y con una viscosidad lo suficientemente baja para usar a 125° C (59°F). El aceite se mantiene bastante constante hasta los 50°C (122°F).

Aceite para bomba de vacío, 1 Qt.— H-1766.2

Peso de embarque: 2 Lbs. (1 Kg.)

Aceite para bomba de vacío, 1 Gal.— H-1766.3

Peso de Embarque: 8 Lbs. (4.0 Kg.)

Aceite para bomba de vacío, 5 Gal.— H-1766.4.

Peso de Embarque 40 Lbs. (18 Kg.)

Aceite para bomba de vacío, Caja de 12 Qt.— H-1766.5

Peso de Embarque 24 Lbs. (11 Kg.).

Aceite para bomba de vacío, Caja de 6 Gal.— H-1766.6

Peso de Embarque 50 Lbs. (23 Kg.).

Aceite para limpieza de Bombas de Vacío— H-1768.3

Purga los contaminantes y condensables como el agua y solventes de todas las bombas de vacío mecánicas. Su uso entre los cambios de aceite minimiza la contaminación del aceite nuevo con los residuos del aceite usado, alargando la vida útil de la bomba. Peso de Embarque: 9lb. (4.1kg)

Permeámetro de asfalto de 4"— HM-9110

Permeámetro de asfalto de 6"— HM-9111

Permeámetros de asfalto compactos y autónomos, fácil de usar que pueden ser utilizados en el laboratorio o en terreno. Se usan para probar la permeabilidad de una mezcla asfáltica compactada de pavimentación mediante el método del cabezal de caída para determinar la conductividad hidráulica saturada de las muestras de 4 " ó 6". Para utilizar, poner la muestra en el interior del cilindro de metal, donde se mantiene en su lugar por una membrana de látex. La unidad se presuriza por la bomba de mano incorporada. La membrana en expansión empuja contra el borde exterior de la muestra, llenando los huecos y previniendo flujo hacia abajo al lado del núcleo. La muestra se satura entonces desde el fondo y se permite fluir 500 cc de agua a través de la muestra mientras se está cronometrando. Ambos permeámetros incluyen un manómetro de 500 cc con tubería de agua de 15 pies y 1/4" OD, una función de bomba manual y un manómetro.
Peso de envío: 24 Lbs. (11Kg.)

Membranas de 4"— HM-9110.2 O' rings de 4"— HM-9110.1

Membranas de 6"— HM-9111.2 O' rings de 6"— HM-9111.1

Permeámetro de campo NCAT— HM-9113

El permeámetro de campo NCAT es un permeámetro de cabezal de caída que usa la Ley de Darcy para determinar la razón de flujo de agua a través de un pavimento de asfalto. Este diseño fue seleccionado por el Centro Nacional de Tecnología de Asfalto (NCAT), por su estrecha correlación con los resultados de las pruebas de laboratorio. Cálculos de prueba y posterior se puede terminar en 10-15 minutos por un técnico.

El HM-9113 de permeabilidad se suministra en dos secciones y se arman de plástico resistente. En uso, el material de sellado se coloca sobre la placa base y la unidad asentado contra el pavimento mediante la presión del pie suave e incluyó pesos base. Después de llenar con agua, la salida se observó utilizando las graduaciones claramente marcados. La más pequeña, más alta de nivel permite determinaciones rápidas en pavimentos de baja porosidad. Los niveles de mayor diámetro se utilizan para leer con precisión el flujo de más pavimentos porosos. Alterna la sección superior HM-9113 sustituye a los dos niveles superiores, con un diámetro mayor nivel. Esto permite tiempos de prueba extendidas sobre esteras moderadamente permeables o para el llenado rápido cuando se prueban mezclas altamente permeables.



Mezclador de 5Qt. (4.74 l) ASTM, 120V 60Hz— H-3841

Mezclador de 5 Qt (4,73 l) de acuerdo a requerimiento ASTM, 115V 60 Hz para mezclar pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica. El mezclador incluye un adaptador de posición del bol H-3844, un bol de acero inoxidable de 5 Qt (4,73 l) y un batidor plano de acero inoxidable para mezcla de materiales pesados. El Modelo Hobart No. N° 50 opera en base al principio de la acción planetaria — el batidor abarca toda la mezcla, rotando en su eje en dirección opuesta mientras se mueve dentro del bol. Mezcla y airea en forma homogénea todos los ingredientes para obtener mezclas finales consistentes y predecibles. La caja de engranaje del agitador selectivo tiene 3 ajustes de velocidad: 139, 285 y 591 RPM. Las dimensiones de la base son: 10-3/8 x 15" (264 x 381mm). Altura: 17" (432 mm). Tiene un cable y enchufe certificados U/L. Cumple con normas ASTM C227, C305; AASHTO T162. Peso de embarque: 55 Lbs. (25 Kg.)

Mezclador de 5Qt. (4.74 l), 230V 60Hz— H-3841.2F

Mezclador de 5Qt. (4.74 l), 230V 50Hz— H-3841.5F

Similar al mezclador anterior excepto que la configuración eléctrica lo hace funcionar a una velocidad levemente inferior, lo cual implica no cumplir con los requerimientos ASTM.

Accesorios y piezas de repuesto para Mezcladora H-3841

Descripción	Modelo
Adaptador de posicionamiento del bol	H-3844
Tapa acrílica del bol	H-3844L
Batidor de acero inoxidable del tipo plano.	H-3841.1
Bol de acero inoxidable, de 5 qt. (4.73 l)	H-3841.2
Batidor de alambre de acero inoxidable.	H-3841WW

Batidor Humboldt de trabajo muy pesado para Mezcladora de 12 Qt.— H-3842HW

Batidor Humboldt de trabajo muy pesado para Mezcladora de 20 Qt.— H-3843HW

Fabricadas a medida, hechas a mano de varillas de acero inoxidable de 1/4" de diámetro para trabajos extremos. Diseñado para soportar el uso en mezclas de agregados y asfalto en las mezcladoras recién mencionadas. Peso de embarque: 15 Lbs. (7 Kg.)



Mezclador de Banco de Laboratorio de 12 qt. (11.35 l), 115V 60Hz— H-3842A

Mezclador de Banco de Laboratorio de 12 qt. (11.35 l), 220V 50/60Hz— H-3842A.4F

El bol Hobart Modelo HL-120 tiene una capacidad de mezcla de 12 qt. (0.401 pies³) y un contador de tiempo (timer) de 15-minutos accionado a motor. La acción planetaria del batidor se asegura a través de las acciones de revolver y mezclar. La caja de engranaje del agitador tiene tres ajustes de velocidad: 106, 196 y 358 RPM. Incluye un bol de acero inoxidable, batidora con rejilla de aluminio plana y gancho de aluminio para masa. Dimensión de la base: 14-3/4 x 20x 29-9/16" (375 x 508 x 750 mm).

Peso de Embarque: 185 Lbs. (83.9 Hg.)

Mezclador de Banco de Laboratorio de 20 qt. (18.93 l), 115V 60Hz— H-3843A

Mezclador de Banco de Laboratorio de 20 qt. (18.93 l), 230V 50/60Hz— H-3843A.4F

El mezclador Hobart A-200 tiene es movido por engranaje positivo y una acción mezcladora homogénea para entregar resultados positivos. La caja de engranaje selectiva del agitador tiene tres ajustes de velocidad: 107, 198 y 361 RPM. El exclusivo interruptor del agitador provee baja velocidad (53 RPM) para facilitar el agregado de líquidos a los semi-sólidos. Incluye un bol de acero inoxidable, y una batidora con rejilla de aluminio plana. Dimensión de la base: 21 x 21-1/2" x 41-1/4" (533 x 546 x 1048 cm).

Peso de embarque: 226 Lbs. (102 Kg.)

Repuestos para la mezcladora de 12 qt. H-3842A (Hobart HL-120)

Descripción	Modelo
Batidor de aluminio	H-3842A.1
Bol de 12 qt. de acero inoxidable	H-3842A.2
Gancho de aluminio para revolver	H-3842ADH
Batidor de alambre tipo lazo, acero inox.	H-3842AWW

Repuestos para la mezcladora de 20 qt. H-3843A

Descripción	Modelo
Batidor de aluminio	H-3843A.1
Bol de 20 qt. de acero inoxidable	H-3843.2
Gancho de aluminio para revolver	H-3843DH
Batidor de alambre tipo lazo, acero inox.	H-3843WW

Piezas de repuesto para los modelos anteriores H-3842 (Hobart A-120) y H-3843 (Hobart A-200) se encuentran disponibles, por favor contáctenos.

Batidores Humboldt de trabajo muy pesado

Descripción	Modelo
Para H-3843A (Hobart HL-200 1/2HP)	H-3843AHW actual
Para H-3842A (Hobart HL-120 1/2HP)	H-3842AHW actual
Para H-3841 (Hobart N-50A-10) H-3841	HW actual
Hobart 20-Quart Mezclador antiguo (anterior a 2007)	H-3843HW
Hobart 12-Quart Mezclador antiguo (anterior a 2007)	H-3842HW

Batidores Humboldt de trabajo muy pesado para los modelos anteriores H-3842 (Hobart A-120) y H-3843 (Hobart A-200) se encuentran disponibles, por favor contáctenos.



Mezclador estacionario de asfalto/concreto de 5 gal., 110V 60Hz— H-1690

Mezclador estacionario de asfalto/concreto de 5 gal., 220V 50Hz— H-1690.5F

Esta mezcladora accionada por cadena es ideal para mezclar muestras en el laboratorio o en terreno. Dentro de la estructura del mezclador de acero esmaltado va apoyado firmemente un cubo. Capacidad máxima: 70 lbs. (50 lbs. Recomendado). Construido para trabajo continuo. 4 ángulos de mezcla. El cubo de mezcla gira a 60 RPM con un motor de 1/2 HP. Incluye balde, cubre cadena y paleta mezcladora H-1690.2.

Peso de embarque: 45 lbs. (20 Kg.).

Mezclador de Asfalto/Concreto móvil, de 5 gal, 110V 60Hz— H-1691

Mezclador de Asfalto/Concreto móvil, de 5 gal, 220V 50Hz— H-1691.5F


Mezclador de 5 gal. Portátil de accionamiento directo, con ruedas semi-neumáticas de 8" para movilidad. El cubo de mezcla gira a 60 RPM con un motor de 1/2 HP. Sólo incluye sólo el cubo. **Las paletas mezcladoras deben solicitarse en forma separada, ver más abajo.**

Peso de embarque: 81 lbs. (37 Kg.).

Mezclador de Asfalto/Concreto móvil, de 10 gal, 110V 60Hz — H-1692

Mezclador de Asfalto/Concreto móvil, de 10 gal, 220V 50/60Hz— H-1692.4F

Mezclador portátil de 10 gal. con ruedas semi-neumáticas de 8" para movilidad. El cubo de mezcla gira a 60 RPM con un motor de 1/2 HP. Sólo incluye el cubo. Peso de Embarque 81 lb. (36.7 Kg.). Las paletas mezcladoras deben solicitarse en forma separada, ver más abajo.

Peso de embarque: 97lbs. (44 Kg.) 

Accesorios para el mezclador H-1690

Descripción	Modelo
Paleta mezcladora para H-1690	H-1690.2
Paleta mezcladora de lujo para H-1690	H-1690.3
Cubo y tapa para H-1690	H-1690.1

Accesorios para los mezcladores H-1691 y H-1692

Descripción	Modelo
Paleta de 5 gal. para asfalto, mezclador H-1691	H-1691.6
Paleta de 10 gal. para asfalto, mezclador H-1692	H-1692.6
Paleta de 5 gal. para concreto, mezclador H-1691	H-1691.8
Paleta de 10 gal. para concreto, mezclador H-1692	H-1692.9
Cubo mezclador para mezclador H-1691, 5 gal.	H-1691.4
Cubo mezclador para mezclador H-1691, 10 gal.	H-1692.5



Clasificador de Mezclas de Asfalto Caliente QUARTERMASTER™— H-4122

El QUARTERMASTER™ es ideal para dividir las muestras de mezclas de asfalto más grandes requeridas en las especificaciones Superpave. La tolva (embudo) acepta muestras de hasta 120 libras (54 Kg.), de cualquier mezcla con agregados entre 9.5 a 37.5 mm y las divide en cuatro partes iguales. Durante el funcionamiento un simple tirar de palanca divide la muestra. Al usar este aparato se asegura un mayor control, consistencia y uniformidad en la preparación de muestras de ensayo. **La unidad se proporciona completa con cuatro receptáculos de muestra.** Dimensiones 14" ancho x 17" prof. X 48" alto (356 x 342 x 1219 mm). Para hacer más fácil la manipulación de materiales se debe pedir separadamente el cucharón H-1702. Peso de Embarque: 84lb. (38kg)

Embudo de inserción rápida QUARTERMASTER™— H-4122QF

Usando este embudo se reduce considerablemente el tamaño de la tolva cuando la reducción de muestras pequeñas es requerida.

Receptáculos QUARTERMASTER™ de repuesto— H-3372

Emulsificador Especial Rhoma-Sol™— H -1304

Es una solución que se usa en forma de rociador para sacar los depósitos bituminosos y manchas de los equipos de ensayo, mesones y herramientas. Rhoma-Sol™ no contiene solventes de petróleo peligrosos y es 100% biodegradable.

Accesorios para F85930-33 y F85938

Descripción	Modelo
Tubo de descarga (por pie)	H-1515
Tubo de descarga de acero inoxidable	H-1515SS
Papel de impresora	PRX2
Canastos (set de 2)	AY1087X6

Hornos de Ignición para determinar Contenido de Asfalto— F85930-33

240V 50/60Hz, 20 Amp., 4,800 watts, incluye paquete de accesorios AY108X1

Hornos de Ignición para determinar Contenido de Asfalto— F85938

208V 60Hz, 23 Amp., 4,800 watts, incluye paquete de accesorios AY108X1

El horno de ignición con balanza interna automática es un método para la determinación exacta del contenido de asfalto que considera el medio ambiente y además es rentable. Desarrollado por NCAT, el Centro Nacional de Tecnología de Asfalto. Horno de gran capacidad maneja muestras de hasta 4.000 gramos. El método de ignición reduce el tiempo de la prueba en comparación con los métodos de prueba de solventes y su funcionamiento automático libera a los técnicos para otras tareas. Rango de temperatura es: 392 a 1202° F (200 a 650° C). Durante el proceso de ignición, la precisa balanza interna monitorea de forma automática todo el peso de la muestra con una tolerancia de ± 0,1 gramos. De fácil operación, simplemente introduzca el peso de la muestra, el factor de calibración, cargue la muestra, y presione iniciar, cuando la unidad emite un sonido al final de prueba, pulse el botón de parada y firme el recibo. Tiene puertas de seguridad con características tales como cerraduras activadas por software que corta la alimentación cuando la puerta está abierta, apertura de puertas en 180° y cierre de la bisagra eliminan los nocivos solventes y facilitan la operación. El horno de ignición viene completo con paquete de accesorios AY1087X1. Cumple con ASTM D6307. Aprobado por la CE.

Dimensiones de la cámara: 14"W x 10.5" H x 14"D (355 x 266 x 355 mm). Dimensiones de envío: 32" W x 32" D x 60"H (813 x 813 x 1.524 mm) Peso de embarque. 376 libras (171 kg).

Horno de Ignición para determinar Contenido de Asfalto— F85930-33X

Horno solamente, 240V 50/60Hz, 20 Amp., 4.800 Watts

Horno de Ignición para determinar Contenido de Asfalto— F85938X

Horno solamente, 208V 50/60Hz, 20 Amp., 4.800 Watts

Paquete accesorio para hornos de ignición— AY1087X1

El paquete accesorio para hornos de ignición, AY1087X1 incluye: 4 cestas, 2 bandejas, 2 cubiertas, mango, jaula de enfriamiento, placa aislada, guantes, protector de cara, 4 rollos de cinta de impresora, placa de calibración de balanza y aceite anderol. Peso del envío. 132 libras (60kg)

Especificaciones

Presión de operación	2.10 ±0.05 MPa (304 psi)
Rango de temperatura	90°C to 110°C (194°F to 230°F)
Resolución del control de temperatura	±0.1°C
Uniformidad de temperatura del ensayo	±0.5°C
Tiempo para punto de ajuste	3 horas desde temperatura ambiente
Retorno a punto de ajuste	120 min. después de precalentamiento y carga de la muestra
Presión del contenedor	ASME code section VIII, división 1; 1992 A 93
Presión máxima	325 psi (2.24 MPa) at 120°C (250°F)
Presión de escape por seguridad	325 psi (2.24 MPa)

Equipo de envejecimiento por presión, 230V 50/60Hz— H-1640.4F

El sistema de envejecimiento por presión (Pressure Aging Vessel, PAV) es usado para simular el envejecimiento oxidativo del betún asfáltico de acuerdo a procedimientos desarrollados por el programa de investigación estratégica de carreteras (SHRP). El H-1640 cumple totalmente con las normas ASTM y AASHTO más recientes (se refiere a ASTM D6521-05 y AASHTO R28-06) El sistema PAV completo consta de un recipiente de presión de acero inoxidable ASME en un stand de acero inoxidable con calentadores de banda incorporados, un sostenedor de la muestra de precisión para el análisis simultáneo de diez ejemplares, un conjunto de diez bandejas TFOT para muestras, un controlador de presión, regulador de temperatura, dispositivos de medición de presión y temperatura, registrador de temperatura y una herramienta para de carga y descarga de muestras. La PAV-H 1640.4F va a ejecutar y documentar las operaciones de envejecimiento de ligantes asfálticos. Tres sencillas etapas, no complicadas, producen resultados precisos y confiables. Sólo tiene que pulsar el botón "heat", introducir las muestras cuando se le solicite y pulsar el botón "Age" y dejar que el PAV haga el resto.

Pantallas personalizadas guían al usuario paso a paso a través de todo el proceso. Cada visualización de pantalla (iniciar precalentamiento, precalentado listo, envejecimiento calentando, envejecimiento a presión, y envejecimiento terminado) es simple y directo, con un proceso e información de estado detallados. La pantalla final, cuando la prueba se ha completado, muestra la presión actual del recipiente, así como temperaturas mínimas y máximas alcanzadas durante el procedimiento de ensayo. Los datos de proceso (temperatura y presión) se almacenan continuamente a intervalos regulares en el controlador lógico programable (PLC) que controla y supervisa el proceso.

El H-1640 PAV ofrece un diseño compacto para banco de trabajo con el recipiente de presión integral. La tapa rotatoria del recipiente con bloque de soporte proporciona una fácil apertura y cierre. Un contador de tiempo incorporado almacena y registra los tiempos fuera de rango (para un PAV típicamente menos de 10 minutos durante un ensayo de 20 horas).

Los datos de la temperatura mínima y máxima son registrados y se muestran al finalizar cada ensayo. También están disponibles como opcionales la operación con control a distancia y el acceso remoto a los datos; si son requeridos, por favor contactar a Humboldt. Esta nueva disposición del control tiene muy buenas perspectivas, incluyendo un mejoramiento en la productividad y un control de proceso más estrecho, con la capacidad de controlar la prueba y tener acceso a datos desde una posición remota. Con el hardware apropiado, un solo usuario puede iniciar o cancelar una prueba, monitorear el progreso de la misma y ver los resultados de ensayos en cualquier número de PAVs situados dondequiera en el mundo.

Peso del envío 425 Lbs. (193 Kg.) 

H-1640.4F



Sistema de respaldo de baterías UPS— H-1640.1

Previene las fallas por corte de poder, holguras, altas y bajas de voltaje. Incluye el módulo de extensión de batería EDM y entrega 4 horas de respaldo a plena carga. Provee tres etapas de carga, duplicando la duración de la batería y optimizando los tiempos de recarga. Entrega una notificación con 60 días de anticipo del término de la vida útil de la batería. Requerimientos de energía: 230VAC, 1 Ph, 60 Hz

Kit de Verificación PAV— H-1640.2

Provee verificación de presión y temperatura trazabilidad NIST e incluye un bloque de calibración. El rango de temperatura es de -201°C a 1210°C con una exactitud de ±0.03°C. El rango de presión es de 0 a 500 psi con una precisión de ±0.25% de la escala total (ANSI/ASME B40.1 Grado 4A)

O'ring para PAV— H-1640.3

Regulador de presión de aire de una etapa (para uso externo en estanques de aire)

- Medidor de alta presión 0 – 4000 psi
- Medidor de baja presión incluye válvula de escape 0 – 600 psi.

Adaptador CGA— H-1640.4

Para uso con botellas que usan conexión CGA 346.

Manguera de alta presión— H-1640.5

Manguera de presión con envoltura trenzada de acero inoxidable. Incluye las guarniciones y la copla de conexión rápida.

Set de bandejas de especímenes— H-1640.6

Set de 10 bandejas AASHTO T179 para reducción del tiempo entre muestras envejecidas.



H-1641

Horno de desgasificación al vacío (VDO), 120V 60Hz— H-1641
Horno de desgasificación al vacío (VDO), 230V 50Hz— H-1641.5F

El horno de desgasificación al vacío (VDO) se utiliza para desgasificar muestras de betunes envejecidos a presión y así cumplir con las normas AASHTO R28-06 y ASTM D6521-05. La unidad compacta, de sobremesa está construida de acero inoxidable con una tapa con bisagras para conservar espacio y al mismo tiempo permitir un fácil acceso a la cámara de vacío también de acero inoxidable. El horno tiene capacidad de hasta cuatro recipientes con muestras y cuenta con un sistema de vacío automático. El controlador de alta precisión tiene una pantalla digital que indica la hora, la temperatura y el estado actual de cada proceso así como también con botones de iluminación de precalentamiento, desgasificación, inicio y parada. También cuenta con alarmas sonoras y visuales para indicar el final del proceso. La protección por sobre temperatura se realiza mediante una válvula de seguridad de presión de solenoide. El VDO incluye 4 recipientes de muestras y una herramienta de remoción del espécimen. Dimensiones 37" x 25" x 27" (94 x 63,5 x 68.5 mm).

Peso de embarque: 185 Lbs. (84 Kg.)

Especificaciones

Presión de operación	Ajustable desde 15 KPa a atmósfera
Rango de temperatura	175°C ± 5°C
Resolución de Control de temperatura	0.1°C
Prueba de uniformidad de temperatura	± 5°C

Kit de verificación— H-1641.7

Kit de verificación para el horno de desgasificación al vacío.

Set de moldes de muestras para BBR— H-1642.1

El set es de 5 moldes completos de muestras e incluye: barras de aluminio de la caja, láminas de mylar, bandas de soporte de 127 mm de longitud con marcas de localización de las piezas extremas, 6.4 mm de espesor y 12.7 mm de ancho.

Láminas de mylar para BBR— H-1642.2

5 sets de 3 láminas de cada uno.



H-1642

Reómetro para flexión de vigas— 120V 60Hz— H-1642
Reómetro para flexión de vigas— 230V 50Hz— H-1642.5F

El reómetro para flexión de vigas (BBR) lleva a cabo ensayos de flexión en aglomerantes asfálticos y muestras similares de acuerdo a ASTM D6648-08 y AASHTO T313-02. Estas pruebas, inicialmente desarrolladas por el Programa de Investigación Estratégica de Carreteras (SHRP), consisten en una fuerza constante que se aplica a una muestra en un baño de líquido enfriado a fin de obtener razones específicas de deformación a diferentes temperaturas. El sistema BBR completo consta de una unidad base de baño líquido, un aparato de ensayo de doblado de tres puntos que se retira fácilmente de la unidad base para la carga y descarga de espécimen, una unidad externa de refrigeración con controlador de temperatura y un kit de calibración de hardware con maleta de transporte. La unidad cuenta con un marco de carga de acero inoxidable y en línea, tubo de alimentación de punto romo. La pantalla digital grande y fácil de leer muestra la carga, el desplazamiento, y temperatura del baño para facilitar la instalación y operación. El desplazamiento en tiempo real, la carga y gráficas de temperatura se muestran durante el ciclo de prueba y se puede volver a trazar y volver a escalar tantas veces como sea necesario para facilitar la visualización. La unidad incluye moldes compatibles con normas ASTM / AASHTO y el kit de calibración completa con maleta de transporte. Dimensiones: 37" x 25" x 27" (94 x 63.5 x 68.5 mm).

Peso del envío de 250 libras. (115kg)

Características de sistema:

- Construcción durable y resistente a la corrosión
- Control, adquisición de datos, y análisis automatizados
- Regulador de temperatura de PID con el indicador digital
- Dos platinos RTDs independientes para el control exacto
- Baño enfriado mediante refrigeración mecánica con líquido refrigerante ambiental seguro no contaminante
- Celda de carga LVDT integral, compensada por temperatura para resultados exactos de la prueba
- El cojinete de aire patentado asegura una carga confiable con resultados exactos y repetibles

Especificaciones

Carga de ensayo	0 a 200g
Control de ciclo del ensayo	±0.5g
Duración de los ensayos	Ajustable por el operador
Celda de carga (compensada por temperatura)	500 g
Soportes de la muestra	25 mm (0.98") de dia. espaciada 4.00" (101.6 mm)
Temperatura de operación	Ambiente a -40°F (-40°C)
Requerimientos de aire comprimido	50 psi (0.34 Mpa) de aire limpio y seco.



H-1635

Compactador Giratorio Superpave AFGB, 110V 60Hz— H-1635
Compactador Giratorio Superpave AFGB, 230V 50/60Hz— H-1635.4F

El AFGB es un Compactador Giratorio completamente autónomo que sólo pesa 304 libras. Simplemente tienes que subirlo a una camioneta o a un minivan y llevarlo a cualquier parte. Ideal para las pruebas in-situ y laboratorios móviles, este equipo puede manejar el diseño y controlar el QC/QA del trabajo con la misma facilidad. El compactador giratorio Superpave AFGB mide el ángulo del molde durante la compactación. Este ángulo, junto con la presión de consolidación, el número de giros, y el alto de la muestra es desplegado durante todo el proceso de compactación. El diseño de estructura tubular y el método patentado de inducir movimiento giratorio garantiza un ángulo exacto en todo momento.

Diseñado para un uso fácil, la AFGB tiene un control computarizado industrial integrado de la compactación de la muestra de principio a fin. Basta con introducir los parámetros de compactación, bajar el molde preparado en la cámara de compactación, asegurar la cabeza giratoria y pulsar Inicio. A continuación el sistema aplica la presión de consolidación, induce el ángulo, y gira el molde hasta que el número especificado de giros o si se alcanza la altura especificada. Después de la compactación la muestra se extrae con el mismo ariete hidráulico utilizado para compactarla.

La altura interna de 215 mm disponible en los moldes AFGB es suficiente para la mayoría de las muestras de pruebas de rendimiento. Durante la compactación, la altura de la muestra se envía (una vez por giro) a una impresora o directamente a un PC mediante el puerto serie. Además, el compactador almacena los datos de los últimos 10 ensayos, marcado cada uno con la fecha y hora. Estos resultados pueden ser enviados a una impresora o transferido a un PC según sea necesario.

Especificaciones del Compactador Giratorio Superpave AFGB

Dimensiones	30.0"W x 21.3"D x 55.4"H (760mm x 540mm x 1410mm)
Peso	Aprox. 304 lb (138 kg)
Presión aplicada	300 – 1000 kPa
Ángulo de giro	0.82° Interno; 1.16° Interno, or 1.25° Externo. Debe especificarse al momento de ordenar
Velocidad de giro	30 giros por minuto
Número de giros	0-299
Dimensiones del molde	150.0mm +0.0/-0.1 mm ID x 280 mm altura (215mm altura interna) 10.0mm mínima altura de la muestra
Temp. Máx. del molde	200°C
Modo de Operacion	Compactar a un número de giros. Compactar a una altura especificada
Adquisición de datos	Número de giros, Altura de la muestra (mm)
Opciones para salida de datos	Comunicación serie RS232, kit de impresión serie (opcional)



H-30068.2F Oven Interior

Horno de Película Delgada Rotatoria, 208-230V 60Hz— H-30068.2F

Horno de Película Delgada Rotatoria, 208-230V 50Hz— H-30068.5F

El horno de Película Delgada Rotatoria se usa para medir el efecto del calor y del aire en una película rotatoria de los materiales asfálticos semisólidos. Los resultados de este tratamiento son determinados por las mediciones de las propiedades asfálticas antes y después del ensayo. Por medio del uso de un controlador de temperatura programable y un visor digital de 4-dígitos, el horno mantiene con exactitud la temperatura de ensayo de 163°C. Incluye un medidor de flujo de 200 a 14.000 ml/min, un indicador de presión de aire de 0 a 100 psi, una bandeja giratoria para ensayo y ocho jarros de vidrio para muestras. Las dimensiones totales son 40Wx36Hx26"D (1016x3292x660mm). Cumple normas ASTM D2872, AASHTO T240 y método de ensayo de California 346. Se requiere de una fuente de aire seco comprimido y limpio para el funcionamiento del horno.

Recipiente de Vidrio para Horno de Película Delgada Rotatorio— H-30068.12

Es un jarro de vidrio para el horno de vidrio resistente al calor. Mide 64mm O.D. (2.52") x 139.7mm H (5.50"). Cumple normas ASTM D2872, AASHTO T240. Peso del envío de 250 libras. (115kg)

Accesorios del Compactador Giratorio Superpave AFGB

Montaje de molde de 150 mm para AFGB— H-1635.1

Incluye placas superior e inferior.

Kit de calibración para AFGB— H-1635.2

Fuerza, altura y ángulo exterior.

Kit de impresión con cable— H-1635.3

Fuerza, altura y ángulo exterior.

Disco de papel de 150 mm— H-1635.4

Paquete de 500.

Herramienta para toma r y levantar muestra de 150 mm— 1635.5

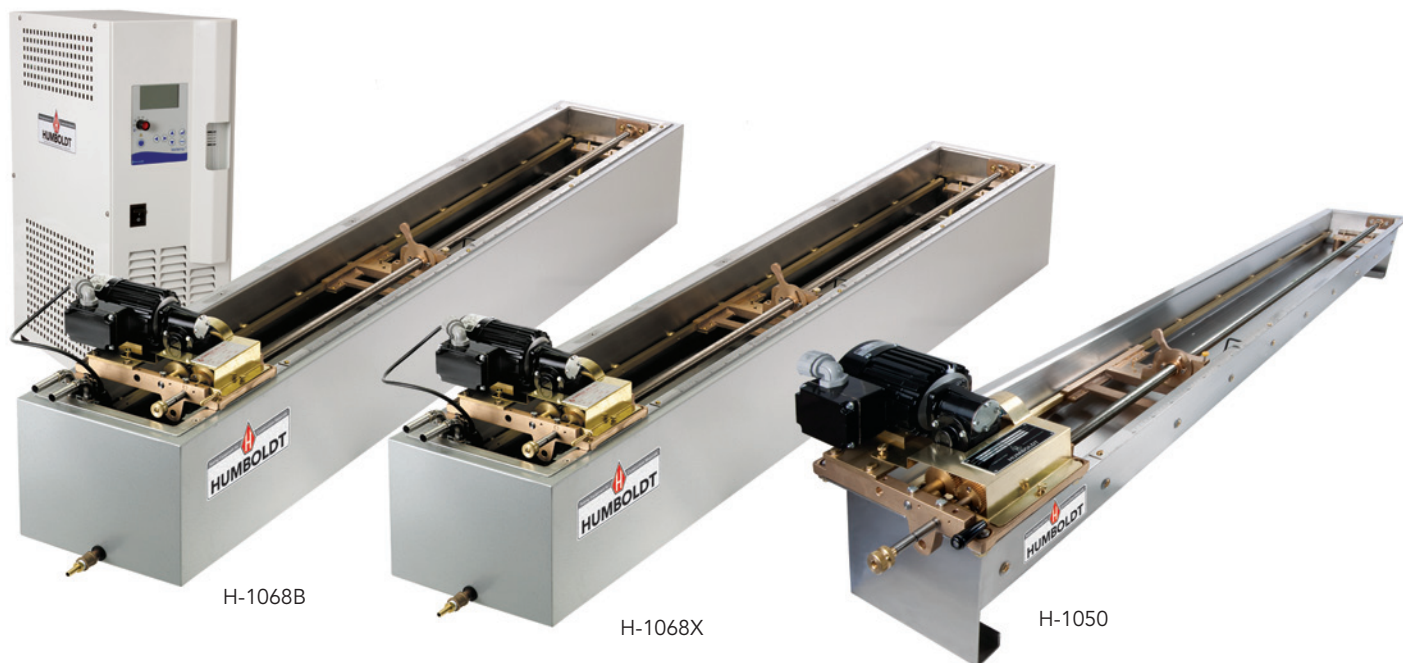
Máquinas para Ensayo de Ductilidad

Estas máquinas determinan la ductilidad del asfalto/cemento o asfalto semi-sólido, midiendo la distancia de elongación de una muestra en briqueta antes de alcanzar el punto de ruptura, la cual se estira a una velocidad y temperatura específica. Cumple con las normas ASTM D113, D5892, D6084, AASHTO T51

Ductilidad

166

Asfalto



Ductilímetro Humboldt, 120V 60Hz— H-1068X Ductilímetro Humboldt, 220V 50Hz— H-1068X.5F

El H-1068X es una máquina de tres velocidades diseñada para las pruebas de ductilidad estándar y de fuerza. La unidad ensaya tres briquetas de forma simultánea y su motor de CC, de transmisión directa, mantiene una velocidad constante, totalmente libre de vibraciones. Las velocidades de 1/4, 1 o 5 cm por minuto, se seleccionan a través de una palanca en la caja de cambios mecánica.

Un tornillo de bronce montado sobre el nivel del agua impide su agitación y la rotura prematura de las muestras. Un puntero móvil se ajusta a la posición cero de partida, e indica la posición exacta del carro en una escala lineal en centímetros unida al borde delantero. El recorrido máximo del carro (elongación) es de 150 cm con una parada automática.

La Unidad tiene un interior de acero inoxidable con una conexión de rebalse y un exterior de acero inoxidable esmaltado al horno. Los engranajes son de bronce o latón, todas las otras partes son de bronce macizo para evitar la oxidación.

Tubos de acero inoxidable con aletas, ubicados en un fondo falso proporcionan una transferencia térmica eficaz. Incluye cable de 6', interruptor de alimentación y enchufe de 3 patas. También incluye 3 moldes de briqueta estándar H-1080 con placas H-1090. Dimensiones totales: 11-3/4 x 74 x 6-3/8" alto (30 x 188 x 16 cm). Para mantener temperaturas constantes del estanque se recomienda adquirir una cubierta acrílica H-1068PC.

Peso de embarque: 350 Lbs. (159 Kg.)

Ductilímetro con temperatura controlada, 120V 60Hz— H-1068B

Ductilímetro con temperatura controlada, 220V 60Hz— H-1068B.2F

Ductilímetro con temperatura controlada, 220V 50Hz— H-1068B.5F

El ductilímetro H-1068 considera nuestro H-1068X y le agrega una unidad de control de la temperatura de circulación. Un baño con control de temperatura mediante dispositivo de estado sólido controla y mantiene la temperatura del agua dentro de un rango de $\pm 0,18^\circ\text{F}$ ($\pm 0,1^\circ\text{C}$). Todas las características son idénticas al H-1068X. Incluye tres moldes H-1080. Para mantener temperaturas constantes del estanque se recomienda adquirir una cubierta acrílica H-1068PC. Peso de embarque: 430 Lbs. (195 Kg.)

Ductilímetro Básico, 120V 60Hz— H-1050 Ductilímetro Básico, 220V 60Hz— H-1050.2F Ductilímetro Básico, 220V 50Hz— H-1050.5F

El H-1068X es una máquina de tres velocidades diseñada para las pruebas de ductilidad estándar y de fuerza. La unidad es una máquina de bajo costo, idéntica al H-1068X pero no incluye el exterior de acero inoxidable esmaltado al horno ni los tubos con aletas para transferencia de calor ubicados en el fondo. Peso de envío: 200 Lbs. (90.7 Kg.)

Controlador de temperatura de agua de circulación, 120V 60Hz— H-1068CB

Controlador de temperatura de agua de circulación, 220V 50Hz— H-1068CB.5F

El controlador de temperatura de agua de circulación H-1068CB está diseñado para ser usado con el ductilímetro H-1068X. Tiene un circulator y un baño controlado termostáticamente a través de un dispositivo de estado sólido para mantener la temperatura del agua dentro de un rango de variación de $\pm 0.9^\circ\text{F}$ ($\pm 0.5^\circ\text{C}$). El rango de temperatura es de -10°C a 80°C . Capacidad de calentamiento de 1000 W con 0.1°C de estabilidad. Dimensiones: 25" x 9" x 19" (635 x 229 x 438 mm).

Peso de embarque: 75 Lbs. (34 Kg.)

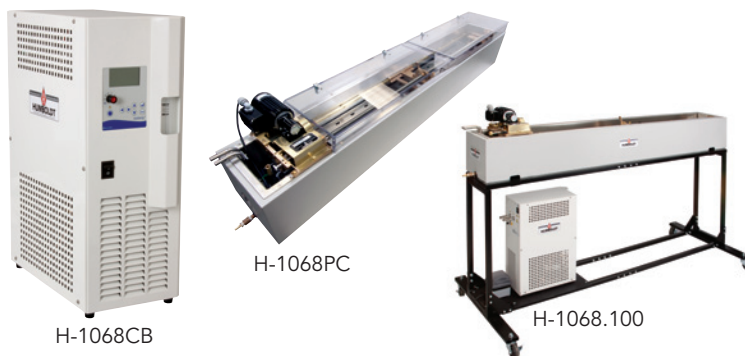
Tapa de acrílico transparente para ductilímetro— H-1068PC

Tapa de control de temperatura hecha de lámina de acrílico transparente. Puede ser usada con todos los ductilímetros.

Peso de embarque: 40 Lbs. (18 Kg.)

Stand para ductilímetro— H-1068.100

Diseñado para ser usado con los ductilímetros Humboldt, ubica la máquina a una altura apropiada para su operación e incluye un estante para el controlador de temperatura del agua de circulación. Tiene patas cuadradas de acero. Requiere ensamblaje. Peso de envío: 200 Lbs. (91 Kg.)





H-1021



H-1080

H-1030



H-1090.3



H-1090



H-1060.2F
H-1060.5F

Ductilímetro Refrigerado, 220V 60Hz— H-1060.2F
Ductilímetro Refrigerado, 220V 50Hz— H-1060.5F

Este ductilímetro refrigerado tiene el modelo H-1050, montado en un baño de polipropileno diseñado para usarse con soluciones de cloruro de sodio. El gabinete externo de acero esmaltado está totalmente aislado y el espacio sellado entre las paredes internas y externas mantiene las propiedades de baja conductividad térmica de la combinación fibra de vidrio y espuma (lo cual se ha probado obtiene el mejor factor K).

La bomba de alta capacidad asegura una circulación en el baño para proporcionar un minucioso control de temperatura. La regulación tridireccional del flujo se maneja con válvulas de corte de que actúan cuando se alcanza el equilibrio. Su panel de control por relé electrónico transistorizado de ajuste magnético controla la refrigeración o calor con fluctuaciones que varían entre 32°F (0°C) a 120°F (49°C) por 0.1°F. El gabinete externo mide 90x41x23". Incluye 3 moldes H-1080. Cumple con las normas ASTM D113, AASHTO T51.

Molde de briqueta para ductilidad— H-1080

Molde para la fabricación de briquetas de ensayo para su uso con cualquier máquina de ensayo de ductilidad. Tiene lados en ángulo para su uso en ensayos estándar. Los cuatro segmentos entrelazados de latón maquinados con precisión son intercambiables con las mismas piezas de moldes diferentes, no es necesario marcas de identificación de piezas para la coincidencia. Las piezas de los extremos, diseñadas para contener muestras a ser alargadas, están provistas de agujeros para su montaje. Cumple la norma ASTM D113.

Molde de recuperación elástica— H-1030

Molde para la fabricación de briquetas de ensayo para su uso con cualquier máquina de ensayo de ductilidad. Tiene lados rectos para su uso en pruebas forzadas. Requiere las placas base H-1090. Los cuatro segmentos entrelazados de latón maquinados con precisión son intercambiables con las mismas piezas de moldes diferentes, no es necesario marcas de identificación de piezas para la coincidencia. Las piezas de los extremos, diseñadas para contener muestras a ser alargadas, están provistas de agujeros para su montaje. Cumple la norma ASTM D5892, D6084, AASHTO T301.

Placa Base— H-1090

Placa base de bronce para un molde sencillo. La superficie perfectamente plana permite un contacto uniforme con las superficies inferiores del molde. 5-1/2" x 2" x 1/8" (140 x 51 x 3 mm).

Placa Base, molde triple— H-1090.3

Placa base de bronce para un molde triple. La superficie perfectamente plana permite un contacto uniforme con las superficies inferiores del molde. 5-1/2" x 8" x 1/8" (140 x 203 x 3 mm).

Adaptador para determinación de fuerza, 120V 60Hz— H-1021
Adaptador para determinación de fuerza, 220V 50/60Hz— H-1021.4F

Proporciona una medición precisa de la resistencia a la tracción de cualquier material, preparación, procedimiento o tipo de prueba con una precisión de 0,01 libras. Se fija sobre el pasador existente en ductilímetro sin requerimiento de herramientas o modificación de la máquina, eliminando la necesidad de equipo especializado para las pruebas de ductilidad estándar y de fuerza. La unidad de acero inoxidable tiene una plataforma móvil de resorte para incorporar la muestra y una base estacionaria en forma de L que incorpora un sensor LVDT. El LVDT puede acomodar a dos adaptadores de forma simultánea. Los componentes eléctricos se encuentran fuera del baño de agua. La pantalla digital está calibrada en libras. Incluye fuente de poder para el LVDT, pantalla digital, stand de calibración para asegurar resultados consistentes y pesos ranurados, uno de 4 lb. y cinco de 5 libras y salida analógica estándar de 0-2 VDC; la fuente de alimentación de 60mA CC proporciona excitación de tensión constante con voltaje regulable. La salida analógica proporciona una interfaz fácil con registrador gráfico, computadora u otros dispositivos de lectura a través del puerto RS232. El molde H-1030 es recomendado para su uso con este equipo. Dimensiones totales del adaptador 6" x 5-3/8" x 1-3/4". Peso del envío 20 libras (9 kg).

Registrador de gráficos, 120V 60Hz— H-1026

Registrador de gráficos, 220V 50/60Hz— H-1026.4F

Para un registro gráfico preciso y permanente de la señal de entrada en un solo canal, multi-rango potenciométrico de balance de nulo. Instrumento de precisión versátil registra una amplia gama de resultados de las pruebas de laboratorio. Ancho de escritura 7-3/4" (200mm). Dim. De 15" x 4-1/4" x 10" (380 x 108 x 254 mm). Peso de embarque. 11 Lbs. (4,9 Kg.)



H-1200



H-1240



H-1240D



H-1250

Penetrómetro Universal— H-1200

Instrumentos de lectura directa para mediciones exactas de penetración en materiales bituminosos, cemento, petrolato, parafina, como también de comestibles, cosméticos, y productos farmacéuticos. Tiene un dial indicador de 5" de diámetro, graduado en 400 divisiones de 0.1 mm, correspondiente a 40 mm de penetración. Se prefija en cero para eliminar errores. Incluye un émbolo de 47.5g con perforación de 3.2 mm y dos pesas de carga (50g y 100g). Dimensiones generales 10-1/2 x13x22" (266.7x330.2x558.8mm). Cumple normas ASTM D5, D217, D1168, D1191, D1321, D1403, D1831, D1855; AASHTO T49, T187, y otras. Peso de envío: 25 Lbs. (11 Kg.)

Penetrómetro Eléctrico, 120V 60Hz— H-1240

Penetrómetro Eléctrico, 220V 50/60Hz— H-1240.4F

Corresponde al penetrómetro universal H-1200 al cual se le ha agregado un contador de tiempo automático con un dispositivo de liberación intercambiable a segundos, minutos u horas. Se puede fijar en intervalos de 1/10 de segundo. El émbolo se libera al apretar un botón y automáticamente se desactiva después de cumplido el tiempo preestablecido. El H-1240.4F es igual al H-1240, excepto que incluye un adaptador de voltaje y un interruptor interno en el mecanismo de tiempo para cambiar el ciclo a 50 Hz. Peso de envío: 32 Lbs. (15 Kg.)

Penetrómetro Digital, 120V 60Hz— H-1240D

Penetrómetro Digital, 220V 50/60Hz— H-1240D.4F

Corresponde al H-1240 al que se le ha agregado un indicador digital entregando así lecturas precisas de un vistazo, como también teniendo la habilidad de iniciar automáticamente presionando un botón y terminarlo después de una duración prefijada. Peso de envío: 32 Lbs. (14.5 Kg.)

Penetrómetro Portátil— H-1250

Para trabajo en terreno. Es más liviano y pequeño que el H-1200; el micrómetro de la unidad se ajusta para regulaciones más exactas o también para ajustes más gruesos según sea el caso. Sólo se incluye una pesa de carga adicional de 50g con una aguja H-1280. Dimensiones: 7x7x16" (178x178x406mm). Peso de embarque: 8 libras (3,6 kg)

Penetrómetro portátil para pasta de baterías— H-1252

Combina el H-1250 y un cono de grasa H-1255.



H-1350.70

Cajas de estaño para muestras

Recipientes de estaño para muestras, sin soldadura, de fondo plano con tapas telescópicas. Mantienen muestras para determinar las penetraciones

Capacidad	Dimensiones	Cant/set	Modelo
2.5 oz (71g)	1.87" (47.5mm) ID, 1.42" (36mm) prof.	48	H-1350.3A
3 oz (85g)	2.25" (57.1mm) ID, 1.42" (36mm) prof.	36	H-1350.3
4.7 oz (133g)	2.42" (61.5mm) ID, 1.67" (42.6mm) prof	36	H-1350.4A
5.6 oz (159g)	2.59" (66mm) ID, 1.72" (43.4mm) prof.	36	H-1350.6A
8.2 oz (232g)	3.05" (77.5mm) ID, 1.97" (50mm) prof.	18	H-1350.8A
16 oz (454g)	4" (102mm) ID, 2.375" (60.3mm) prof	1	H-1350.16
42.3 oz (1200g)	6.12" (155mm) ID, 3" (76.2mm) prof.	1	H-1350.42
70.5 oz (2000g)	6.12" (155mm) ID, 5" (127mm) prof.	1	H-1350.70



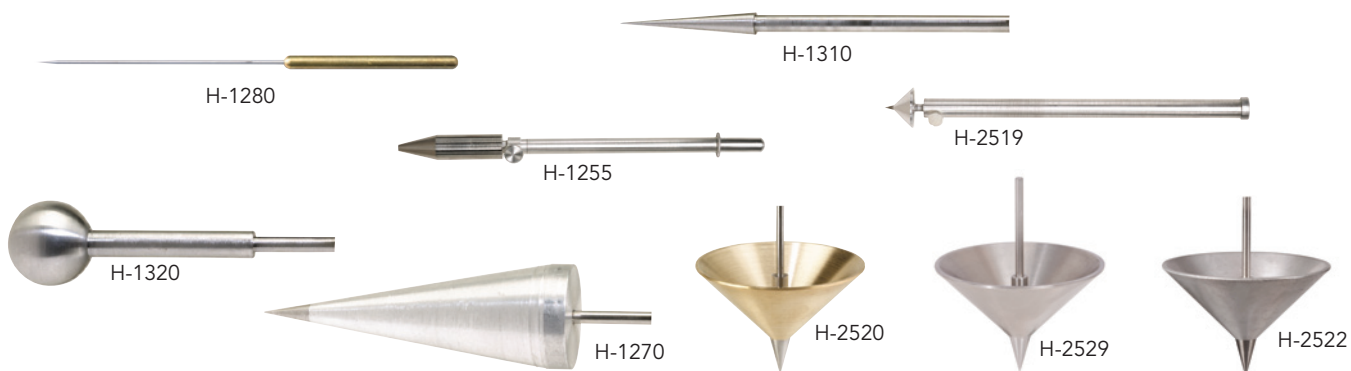
H-4929

Cajas de aluminio para humedad

Recipientes de aluminio sin soldadura, de fondo plano con tapas herméticas, las cuales también calzan con el fondo de la caja. Protege la muestra de la exposición durante el almacenaje y pesaje.

Dia ext	Dia int	Altura	Altura Int.	Volume pie cu	Volume fl. oz.	Modelo
2" (51mm)	1.975 (50mm)	.875" (22mm)	0.865" (22mm)	2.650 (44cc)	1.47 (44ml)	H-4926
2.5" (64mm)	2.470 (63mm)	1.75" (44mm)	1.746" (44mm)	8.366 (137cc)	4.64 (137ml)	H-4927
3" (76mm)	3.000 (76mm)	1" (25mm)	0.985" (25mm)	6.963 (114cc)	3.86 (114ml)	H-4928
3.5" (89mm)	3.490 (89mm)	2" (51mm)	1.990" (51mm)	19.037 (312cc)	10.55 (312ml)	H-4929

Conos y Agujas de Penetración



Materiales Bituminosos ASTM D5; AASHTO T49, IP49; ASA Std., A37.1; Fed Spec. SS.R. 406C, Meth. 214.01	H-1280	Aguja de acero inoxidable endurecida estándar, longitud 40-45mm de aguja expuesta. Peso: 2.5g
	H-1300	Similar a H-1280. Certificado de Precisión por laboratorio independiente. Peso: 2.5g.
	H-1290	Aguja larga de acero inoxidable endurecida, longitud de 50-55mm de aguja expuesta. Peso: 2.5g.
	H-1302	Similar a H-1290. Certificado de Precisión por laboratorio independiente. Peso: 2.5g.
Ceras con penetración de 250 o inferior ASTM D1321	H-1310	Agujas penetración de cera de acero inoxidable endurecida con punta cónica, punta roma de cono truncado. La férula tiene aproximadamente 3.2mm de diámetro. Peso: 2.5g.
	H-1317	Similar a H-1310. Certificado de Precisión por laboratorio independiente.
Pasta de batería	H-1255	Punta de acero inoxidable con émbolo especial. Peso total: 60 g ± 0.05 g.
Sellador de junta para pavimentos de concreto y asfalto ASTM D5329	H-1320	Resilience ball penetration tool. Total wt. 27.5g.

Medición de la consistencia de grasas plásticas y sólidas: mantecas, margarinas, mantequilla. AOCS Cc 16-60	H-1270	Cono aluminio de 10°, férula de 3.2mm, punta roma de acero inoxidable de 0.8 mm. Longitud total 106mm. Peso: 45g
Recuperación de grasas usadas pequeñas muestras obtenibles ASTM D1403	H-2519	A escala de ¼. (No se considera como sustituto del cono de tamaño natural especificado en ASTM D217). Peso: 9.38g.
Penetrómetros para Pruebas de Grasa ASTM D217, D937 ASA Std. Z11.3	H-2520	Cono hueco de bronce de 90°, punta de acero inoxidable altamente pulida. Tuerca y vástago removibles. Peso: 102.5g.
	H-2522	Cono hueco de acero inoxidable de 90°, punta de acero inoxidable altamente pulida. Tuerca y vástago removibles. Peso: 102.5g.
ASTM D2884	H-2524	Émbolo y cono de magnesio; Peso total: 30 g.
Aplicaciones que requieren conos de 90° ASTM D217, D937 ASA Std. Z11.3	H-2525	Repuestos de puntas; tuercas y vástagos en acero inoxidable.
Productos de comida, pasta y pinturas U.S. Dept of Agriculture	H-2529	Cono hueco de 90° y vástago de aluminio. Peso total: 35 g.

Calentador/Circulador, 120V 60Hz— H-2266

Calentador/Circulador, 230V 50/60Hz— H-2266.4F

Circulador de inmersión para uso en cualquier tanque o recipiente del tipo baño; crea un sistema de circulación de temperatura constante sobre las temperaturas ambientales. La Profundidad de inmersión mínima es de 3" (8 cm.) y la máxima de 7" (17 cm). Una abrazadera sirve para adosarla a una pared de un grosor de 1-3/16" (3 cm.) o un pedestal de laboratorio tipo varilla. Construido de acero inoxidable. Una bomba de dos velocidades minimiza la turbulencia en tanques pequeños y mantiene una mayor uniformidad en tanques más grandes. El director de flujo usa tubería I.D. de 1/2" (13 mm.) para la circulación externa. Adecuado para usar con una amplia variedad de fluidos.

Con Ajuste y lectura LED, parámetros PID ajustables y un preciso control de temperatura bajo cargas de calor variables, además de mayor estabilidad de temperatura sobre un rango amplio. 6" alto x 5" ancho x 13" prof. (15.2x12.7x33cm)

Estanque acrílico— H-2267

El estanco acrílico transparente es ideal para usarlo cuando se requiere visibilidad. Rango de temperatura hasta 70° C. Capacidad: 5-1/2 gal (21 litros) I.D. (Alto x Ancho x Prof) 7-1/2 x 13-1/8 x 18" (190 x 333 x 457 mm)

Plato de Transferencia— H-1352

Plato de transferencia de plástico con fondo plano, lados rectos y aletas centradas de metal e imanes al fondo. Tamaño: 3-3/4" dia. x 3-1/4" (95 x 83 mm) profundidad. Cumple norma ASTM D5.



H-2266



H-1352

H-1720



H-1745
H-1735



H-1730



Baño de temperatura constante, 120V 60 Hz— H-1720
Baño de temperatura constante, 240V 50/60 Hz— H-1720.4F
 (modelo Cannon CT-500)

Diseñado específicamente para la determinación exacta de la viscosidad con los viscosímetros capilares de vidrio, los baños H-1720 ofrecen control de temperatura superior a 100°C. El H-1720 tiene un jarro de baño de 12" de diámetro x 12" alto (305mm x 305mm) que puede acomodar un mayor número de viscosímetros.

Estos baños mantienen un exacto control de la temperatura de $\pm 0.01^\circ\text{C}$ dentro del rango de 20°C a 100°C ($\pm 0.01^\circ\text{C}$), proporcionando la sensibilidad de la temperatura requerida por ASTM D445 para las mediciones de viscosidad cinemáticas con los viscosímetros capilares de cristal. Dos elementos de calefacción eléctrica dentro del baño calientan rápidamente el medio a cualquier temperatura deseada dentro del rango.

El compartimiento del baño H-1720 es un recipiente cilíndrico transparente de Pyrex 17L de 12" de diámetro por x 12" de alto (305mm x 305mm). Un baffle de acero inoxidable revestido con teflón situado en el centro del baño proporciona un fondo reflectivo que ayuda en la visión de los instrumentos. La cubierta superior contiene siete agujeros redondos de 2" (51mm) de diámetro para la inserción de los sostenedores del viscosímetro, permitiendo que hasta siete mediciones de viscosidad sean hechas simultáneamente. Se proveen tapas para cubrir los agujeros no usados. Dos agujeros adicionales 10mm en diámetro, se proporcionan para los termómetros. Todas las partes que se mojan son fabricadas de acero inoxidable, vidrio o teflón. El bastidor es de aluminio macizo cubierto con una capa epóxica resistente a la corrosión. Los viscosímetros, sostenedores, aceite para el baño y termómetros deben comprarse separadamente. Dimensiones: 16" ancho x 14.25" profundidad x 24" alto (407 x 362 x 610mm).

Peso de envío: 75 Lbs. (34kg.)

Baño de temperatura constante, 120V 60 Hz— H-1730
Baño de temperatura constante, 240V 50/60 Hz— H-1730.4F
 (modelo Cannon CT-1000)

El H-1730 mantiene el exacto control requerido por la norma ASTM D445 para medición de viscosidad cinemática con viscosímetros capilares de vidrio. En el rango de 20°C a 100°C , la temperatura es controlada a 0.01°C ; sobre 100°C a 0.03°C .

El compartimiento del baño H-1720 es un recipiente cilíndrico transparente de Pyrex 17L de 12" de diámetro por x 12" de alto (305mm x 305mm). Un baffle de acero inoxidable revestido con teflón situado en el centro del baño proporciona un fondo reflectivo que ayuda en la visión de los viscosímetros. Dos lámparas fluorescentes iluminan brillante y uniformemente el interior del baño. Dos elementos calefactores en el interior del baño lo calientan a cualquier temperatura dentro del rango. La cubierta superior tiene siete agujeros de 2" diámetro (51 mm). Hasta siete viscosímetros capilares de vidrio (en los sostenedores) pueden ubicarse en baño. Una configuración distinta para los agujeros puede solicitarse como orden especial.

Un circuito de control de estado sólido, equipado con un termistor encapsulado en acero inoxidable proporciona el control de temperatura

Un agitador impulsado por motor asegura una temperatura uniforme en el baño. Todas las partes que se mojan son fabricadas de acero inoxidable, vidrio o teflón. La caja envolvente del baño, está hecha de aluminio macizo y acabado con una capa epóxica resistente a la corrosión. Los viscosímetros, sostenedores, aceite para el baño y termómetros deben comprarse separadamente. Dimensiones: 17.25" ancho x 18.25" prof. x 23" alto (438 x 464 x 584mm). Peso de envío: 123 Lbs. (56 K).

Accesorios para baño de viscosidad

Descripción	Modelo
Manifold de vacío (Canon modelo 3VM para H-1720)	H-1745
Manifold de vacío (Canon modelo 3VM para H-1730)	H-1735
Aceite para baño UBF para temperatura < 121°C (23 l.)	H-1732
Silicona para baño de alta temperatura > 125°C, 0.5 gal (2 l.)	H-1733



H-1746.7



H-1747.1



H-1741H

H-1741V

Viscosímetro Zeitfuchs® de Varillas Cruzadas y Soporte

Usados para determinar la viscosidad cinemática de los asfaltos líquidos, aceites de carretera y residuos destilados de asfaltos líquidos a una temperatura de 140°F (60°C) o de los cementos asfálticos a 275°F (135°C), requiriendo una carga de sólo 1 a 3 ml que se puede llenar y limpiar fácilmente mientras esté sumergido en un baño de temperatura y no es necesario removerla. Requiere una profundidad de líquido de 9" (229mm). Incluye un soporte de metal redondo con un orificio de 2" (51mm) y certificado de calibración. Cumple con los requisitos de ASTM D2170; AASHTO T201.

Viscosímetro Zeitfuchs® de Varillas Cruzadas y Soporte

Size	Cs/Sec. app.	Rango de Cs	Modelo
1	0.003	0.6 a 3	H-1746.1
2	0.01	2 a 10	H-1746.2
3	0.03	6 a 30	H-1746.3
4	0.1	20 a 100	H-1746.4
5	0.3	60 a 300	H-1746.5
6	1.0	200 a 1,000	H-1746.6
7	3.0	600 a 3,000	H-1746.7
8	10	2,000 a 10,000	H-1746.8
9	30	6,000 a 30,000	H-1746.9
10	100	20,000 a 100,000	H-1746.10

Viscosímetro de Vacío del Instituto de Asfalto

Diseñado para materiales altamente viscosos, como el cemento asfáltico, contiene un tubo capilar graduado en lugar de los bulbos de temporización. Requiere una profundidad de baño de 7" (178mm) y muestra de 3ml. Incluye

Viscosímetro de Vacío del Instituto de Asfalto

Tamaño/Nº	Rango viscosidad (Poise)	Poise/seg a 300 mm Hg			Modelo
		a B	a C	a D	
25	42 to 800	2	1	0.7	H-1747.1
50	180 to 3,200	8	4	3	H-1747.2
100	600 to 12,800	32	16	10	H-1747.3
200	2,400 to 52,000	128	64	40	H-1747.4
400R	9,600 to 140,000	500	250	160	H-1747.5
800R	38,000 to 5,800,000	2000	1000	640	H-1747.6

Regulador Digital de Presión al vacío

(de estado sólido, no usa mercurio)

Horizontal, 120V 60Hz— H-1741H

Horizontal, 220V 50/60 Hz— H-1741H.4F

Vertical, 120V 60Hz— H-1741V

Vertical, 220V 50/60 Hz— H-1741V.4F

(Cannon DVR-Serie 1000)

Para medición y control del vacío a 300mm Hg bajo la presión atmosférica.

Usar con viscosímetros de vacío Cannon-Manning, Instituto del Asfalto, ó Koppers modificado, para mediciones de cemento asfáltico y otras aplicaciones de laboratorio donde se requiere medición y control exactos de vacío.

En modo normal, el vacío en mm Hg se muestra en la pantalla LCD. El usuario puede seleccionar de otras nueve unidades de medición mediante una membrana de contacto. La configuración interna está predeterminadas para regular el vacío a 300 mm Hg ± 0.5 bajo la presión atmosférica. La configuración puede modificarse a las necesidades específicas del usuario, en un rango de 1 a 410 mm Hg bajo la presión atmosférica.

Precisión de lectura: $\pm 0.05\%$ de la lectura del dígito menos importante (incluye los efectos combinados de linealidad, repetividad, histéresis, y temperatura). Se entrega Certificación NIST. Precisión de regulación de vacío: ± 0.5 mm Hg bajo la presión atmosférica. Temperatura de

Operación: 0 a 40°C (32 a 104°F). Límites de seguridad superior/inferior: 746mm Hg bajo la presión atmosférica. Se puede elegir el modelo horizontal: 18.5 a x 18 p x 6.75" alt (470 x 457 x 171mm) o vertical: 6.75 a x 18 p x 18.5" alt. (171 x 457 x 470 mm).

NOTA: Los precios y condiciones de entrega de los viscosímetros Cannon-Manning, Cannon-Fenske, Lantz-Zeitfuchs, Modified Koppers y otros están disponibles a pedido.

**Baño Viscosímetro Saybolt, 120V 60Hz— H-2165****Baño Viscosímetro Saybolt, 220V 50/60Hz— H-2165.4F**

Diseñado para pruebas de viscosidad Furol y Saybolt Universal, este baño de temperatura constante cumple los requisitos ASTM y AASHTO para el preciso control de temperatura. El microprocesador con circuito PID, asegura el exacto control de temperatura dentro de las tolerancias ASTM en todo el rango desde temperatura ambiente hasta 464°F (240°C).

Controles de botón de contacto simple y pantallas digitales dobles son usados para fijar y monitorear la temperatura de los baños. Con capacidad para cuatro viscosímetros y frascos receptores de 60ml, el baño tiene pantallas protectoras deslizantes, placas de alineación resistentes a productos químicos para manipulación de frascos y luz fluorescente antirreflejante para una mejor visión de las muestras a ensayar. El interior del baño aislado está construido enteramente de acero inoxidable de alta calidad; una tubería de rebalse y una válvula de drenaje simplifican el llenado del aceite de baño al nivel requerido.

Una placa superior resistente a productos químicos proporciona aislamiento y se retira fácilmente para permitir la limpieza del interior del baño, el cual se suministra completo con cuatro soportes de termómetro, cuatro tapas cuatro tapones con cadena, dos cierres de puerto, 1 llave tuerca, 1 llave de orificio, 1 tubo y 1 filtro de aceite. No están incluidos tubos viscosímetros, orificios, matraces receptores, aceite ni termómetros para viscosímetros y se deberán pedir aparte. Cumple con normas ASTM D88, D244, E102, AASHTO T72.

Peso de envío: 58 Lbs. (26.3kg). 

Accesorios

Descripción	Modelo
Limpiador de Tubo	H-2175
Frasco de viscosidad Saybolt; graduado a 60ml frasco receptor volumétrico	H-2176
Pipeta y aspirador Saybolt	H-2177
Aceite de Mineral Blanco, para usar hasta 230°F (110°C)	H-2189
Colador	H-2178
Dow-Corning de alta temperatura de fluido 200; aceite centistoke 100, 5 galones. Peso de embarque 40 Lbs (18 kgs).	H-2199
Anillo de desplazamiento	H-2194
Soporte de Termómetro	H-2195
Llave de orificio	H-2196
Llave de tubo	H-2197
Termómetro de viscosidad Saybolt (66 a 80°F)	H-2600.17F
Termómetro de viscosidad Saybolt (19 a 27°C)	H-2610.17C
Termómetro de viscosidad Saybolt (94 a 108°F)	H-2600.18F
Termómetro de viscosidad Saybolt (34 a 42°C)	H-2610.18C
Termómetro de viscosidad Saybolt (120 a 134°F)	H-2600.19F
Termómetro de viscosidad Saybolt (49 a 57°C)	H-2610.19C
Termómetro de viscosidad Saybolt (134 a 148°F)	H-2600.20F
Termómetro de viscosidad Saybolt (57 a 65°C)	H-2610.20C
Termómetro de viscosidad Saybolt (174 a 189°F)	H-2600.21F
Termómetro de viscosidad Saybolt (79 a 87°C)	H-2610.21C
Termómetro de viscosidad Saybolt (204 a 218°F)	H-2600.22F
Termómetro de viscosidad Saybolt (95 a 103°C)	H-2610.22C

Componentes

Descripción	Modelo
Orificios	
Sólo orificio universal de acero inoxidable	H-2173
Sólo orificio Furol de acero inoxidable	H-2174
Tubos con orificios	
Tubo de viscosímetro Saybolt de bronce con orificio universal de acero inoxidable	H-2180
Tubo de viscosidad Saybolt de bronce con orificio Furol de acero inoxidable	H-2182
Tubo de viscosidad Saybolt de acero inoxidable con orificio Furol de acero inoxidable, incluye llave tuerca	H-2183
Tubo de viscosidad Saybolt de bronce con orificio Furol y Universal de acero inoxidable. Incluye llave tuerca	H-2184
Tubo de viscosidad Saybolt de acero inoxidable con orificio Furol y Universal de acero inoxidable. Incluye llave tuerca	H-2185
Tubos	
Tubo de viscosímetro Saybolt de acero inoxidable	H-2171
Tubo de viscosímetro Saybolt de bronce	H-2172

PRECAUCIÓN

Muchos Estados y leyes locales prohíben la venta o envío de termómetros de mercurio. Por favor verifique las leyes en su área local o contáctenos antes de enviar su orden de compra.



H-1530.2



H-1535



H-1400



H-2560
(mostrado con termómetro, el cual no está incluido)

Copas de Viscosidad Ford

Usadas para determinar la viscosidad de pinturas, lacas y recubrimientos relacionados. Se debe seleccionar la combinación de la copa-orificio (Ford 2, 3 ó 4) para proporcionar un tiempo de emanación dentro del rango de 20 a 100 segundos. Las mediciones con la copa de viscosidad Ford se deberán hacer a una temperatura de 25°C ± 0.1° (77°F±0.2°) con el termómetro H-2610.17C (ó H-2600.17F). Los termómetros y soportes se piden por separado. Cumple normas ASTM D333, D365, D1200.

Descripción	Modelo
Copa de Viscosidad con Orificio N°1	H-1530.1
Copa de Viscosidad con Orificio N°2	H-1530.2
Copa de Viscosidad con Orificio N°3	H-1530.3
Copa de Viscosidad con Orificio N°4	H-1530.4
Copa de Viscosidad con Orificio N°5	H-1530.5

Pedestal para Copa de Viscosidad— H-1535

Tiene base niveladora y brazo de soporte ajustable para Copas de Viscosidad Ford H-1530.

Set para Ensayo de Flotación con Viscosímetro de Asfalto— H-1400

Usado para probar el comportamiento del flujo o consistencia de algunos materiales bituminosos y productos de alquitrán (brea) mediante prueba de flotación. Incluye flotador de aluminio calibrado y tres collares de bronce. **También se pueden ordenar los componentes individualmente.** El termómetro se pide por separado. Cumple normas ASTM D139, AASHTO T50.

Descripción	Modelo
Flotador solamente	H-1410
Collares solamente (set de tres)	H-1420

Set de aparatos para puntos de turbidez y fluidez— H-2560

Usados para probar características de flujo de aceites de petróleo con puntos de turbidez y fluidez. Incluye jarro para baño de vidrio, cilindro de bronce pulido montado sobre una base trípode de metal, cilindro de prueba de vidrio, disco de fondo de corcho y anillos superiores. Cumple normas ASTM D97, D117, D2500. Peso de Embarque: 6 lb. (2.7kg).

Termómetro debe ordenarse separadamente.

Descripción	Modelo
Trípode Base de Metal	H-2560.1
Jarro de Prueba de vidrio	H-2560.5
Jarro de Vidrio en aparato de vidrio	H-2560.3
Cilindro de bronce	H-2560.2
Discos de corcho	H-2595
Anillos de corcho	H-2598
Termómetro -36 a 120°F	H-2600.5F
Termómetro -38° a 50°C	H-2610.5C
Termómetro -112 a 70°F	H-2600.6F
Termómetro -80 a 20°C	H-2610.6C

Set para ensayos in-situ de Materiales Asfálticos— H-1510

Se usa en productos asfálticos derivados del petróleo y no se debe usar en asfaltos naturales que contengan materia no-bituminosa insoluble en xileno. Incluye matraz de 250ml, caja con papel filtro, tapón de corcho y pipeta de 10ml. Cumple norma AASHTO T102. Peso de Embarque: 5 lb. (2.2kg)

PRECAUCIÓN

Muchos Estados y leyes locales prohíben la venta o envío de termómetros de mercurio. Por favor verifique las leyes en su área local o contáctenos antes de enviar su orden de compra.



mostrados con termómetros, no incluidos y que deben ordenarse separadamente



Set de Aparatos para Punto de Ablandamiento, sencillo— H-1595

Este aparato con el método de anillo y bola se usa para determinaciones simples de asfaltos, betún, alquitrán y la mayoría de las resinas. Todos los aparatos cumplen normas ASTM D36, E28; AASHTO T53. Incluye quemador, vaso precipitado, pedestal de soporte y 1 anillo, gasa de alambre con un centro de cerámica, abrazadera para termómetro, anillo en escuadra y vástago y bola de acero endurecido. Peso de envío: 12 Lbs. (5 Kg.) **Termómetro debe ordenarse separadamente.**

Set de Aparatos para Punto de Ablandamiento, sencillo, 120V 60Hz— H-1596

Set de Aparatos para Punto de Ablandamiento, sencillo, 220V 50/60Hz— H-1596.4F

En lugar del quemador usa una placa calefactora de 6" x 6", la cual entrega un control de temperatura analógico más fácil de fijar con escala graduada y visor LED. El rango es desde temperatura ambiente hasta 540°C (ambiente a 1004°F). Peso de envío: 15 Lbs. (6.8 Kg.)

Aparato para punto de ablandamiento doble— H-1569

Incluye un vaso de precipitado de 800ml con bronce, configuración doble y calzo para termómetro, 2 bolas estándar, 2 anillos en escuadra y 2 guías de centrado de bolas. El termómetro se pide en forma separada.

Aparato para punto de ablandamiento cuádruple— H-1570

Incluye un vaso de precipitado de 800ml con bronce, configuración cuádruple y calzo para termómetro, 4 bolas estándar, 4 anillos en escuadra y 4 guías de centrado de bolas. El termómetro se pide en forma separada

Vea todas las placas calefactoras en la página 244.

Termómetros para aparato de punto de ablandamiento

Descripción	Modelo
30 to 180°F (ASTM 15F)	H-2600.15F
-2 to 80°C (ASTM 15C)	H-2610.15C
85 to 392°F (ASTM 16F)	H-2600.16F
30 to 200°C (ASTM 16C)	H-2610.16C
30 to 350°F (ASTM 113F)	H-2600.113F
-1 to 175°C (ASTM 113C)	H-2610.113C

PRECAUCIÓN
 Muchos Estados y leyes locales prohíben la venta o envío de termómetros de mercurio. Por favor verifique las leyes en su área local o contáctenos antes de enviar su orden de compra.

Repuesto para Aparato de Punto de Ablandamiento

Descripción	Modelo
Anillo en escuadra. Superior: 23mm O.D., 19.8mm I.D.; Inferior: 19mm O.D., 15.9mm I.D.; desde arriba hasta el resalto 4.4mm de alto; desde resalto hasta abajo, 2mm de alto, 10 por paquete	H-1575.
Bola de acero endurecida de 3/8" (9.5 mm) de diámetro, peso entre 3.45 y 3.55 g., 10 por paquete	H-1580
Guía de centrado de bola. La bola es centrada en la muestra por tres pasadores.	H-1588
Juego de Anillo y vástago, vástago de bronce de 16"(406mm) de largo con anillo	H-1602
Gancho abrazadera de acero afirma los termómetros en suspensión en cualquier posición con una tuerca de seguridad. Distancia máxima desde el centro del mango hasta el gancho 4-1/4" (108mm); distancia mínima 3-7/8" (98mm).	H-8900
Abrazadera de termómetro con mango ajustable en 360°. Boca de bronce fosforado de 3-1/2" (89mm) de largo.	H-8950
Abrazadera de termómetro similar a H-8950, pero sostiene H-1602 juego de anillo y vástago además del termómetro	H-8980
Base (acero fundido) y barra de soporte	H-21220
Quemador	H-6220
Vaso de precipitado de 800 ml, rango graduado	H-4911.800
Placa de calentamiento de 6" x 6" con visor LED	H-4942
Gasa de alambre de 5" x 5" con material cerámico en el centro	H-25865



H-2405B



H-2400



H-2495



H-1990

Muestreador Bomba Bacon de 8-Oz (237 ml) bronce— H-2405B
Muestreador Bomba Bacon de 8-Oz (237 ml) acero inoxidable— H-2405S

Obtiene muestras del fondo o de otro nivel recogiendo muestras desde el estanque de almacenamiento, carro estanque y tambores. El émbolo se abre para recibir la muestra cuando la bomba es bajada al fondo o cuando se suelta el émbolo en un nivel deseado. El émbolo se cierra herméticamente en el momento de retirar la bomba; tiene un sello de válvula tipo O-ring. Disponible en bronce plateado o acero inoxidable; de 2" dia x 10" L. Cumple normas ASTM D117, D270, D923, D943.

Peso de Embarque: 5 Lbs. (2.3 kg.)

Muestreador Bomba Bacon de 16-Oz (473 ml) bronce— H-2406B
Muestreador Bomba Bacon de 16-Oz (473 ml) acero inoxidable— H-2406S

Mismas características que el H-2405B pero de mayor capacidad. 2-3/4" dia x 12" L (70 x 305 mm). Peso de Embarque 9 Lbs. (4.1 kgs.)

Muestreador Bomba Bacon de 32-Oz (946 ml) bronce— H-2407B

Muestreador Bomba Bacon de 32-Oz (946 ml) acero inoxidable— H-2407S

Mismas características que el H-2405B pero de mayor capacidad. 2-3/4" dia x 15-1/4" L (70 x 387 mm). Peso de Embarque 15 Lbs. (6.8 kgs.)

Muestreador de Aceite ASTM con abertura de 3/4"— H-2400

Muestreador de Aceite ASTM con abertura de 1-1/2"— H-2401
 Vaso puntado lastrado con peso que recoge el petróleo crudo, productos de petróleo, butano, propano y otros productos de petróleo que son gases a temperatura y presión atmosférica. Hechos de cobre con el fondo con plomo y una manilla tipo asa. La tapa de corcho con cadena se sella herméticamente. El disco de bronce y el lazo que está encima permite retirarlo fácilmente. Terminación con pintura antioxidante. El casco mide 3-3/8" dia x 14"L (86 x 356 mm). Cumple norma ASTM D270.

Peso de Embarque: 6 lbs (2.7kg)

Aparato de Residuo de Carbón Conradson— H-2945

Estas pruebas determinan la cantidad de residuo de carbón que queda después de la evaporación y pirólisis de un aceite y para indicar las propensiones relativas de formación de coque. Incluye quemador, trípode, bloque refractario, triángulo cromo-níquel, crisol de níquel y tapa, crisol de Skidmore, crisol de porcelana, cubierta y puente del metal monel. Las piezas componentes están disponibles separadamente. Cumple con normas ASTM D189, D2416. Peso de Embarque: 7 Lbs (3.2kg)

Partes de repuesto o reemplazo

Descripción	Modelo
Crisol de porcelana	H-2494
Crisol Skidmore y tapa	H-2497
Cubierta aparato Residuo Carbón	H-2496
Crisol de níquel con tapa	H-2498
Anillo aislador del bloque refractario	H-2505

Aparato TAG de Copa Abierta, Eléctrico, 120V 60 Hz— H-1990
Aparato TAG de Copa Abierta, Eléctrico, 230V 50/60 Hz— H-1990.4F

Se usa para determinar los puntos de inflamación de líquidos hasta 230°F (110°C) y asfaltos rebajados con puntos de inflamación menor de 200°F (93°C). Incluye copa pirex, base y baño líquido con rebalse, aguja cónica pivotante de ignición con luz piloto, muesca de referencia y porta termómetro. El termómetro H-2610.9C, el sistema de nivelación y la pantalla protectora se piden separadamente. Cumple normas ASTM D1310, D3143; AASHTO T79. Peso de Embarque: 9-1/2 Lbs. (4.3kg)

Aparato TAG de Copa Abierta, a gas— H-1995

Similar al anterior pero usa gas para su operación.

Partes de repuesto o reemplazo

Descripción	Modelo
Copa pirex de repuesto	H-1990.1
Sistema de nivelación	H-1990.2
Pantalla protectora	H-1990.3
Termómetro, rango: 20 a 230°F.	H-2600.9F
Termómetro, rango: -5 a 110°C	H-2610.9C

PRECAUCIÓN
 Muchos Estados y leyes locales prohíben la venta o envío de termómetros de mercurio. Por favor verifique las leyes en su área local o contáctenos antes de enviar su orden de compra.



H-2095

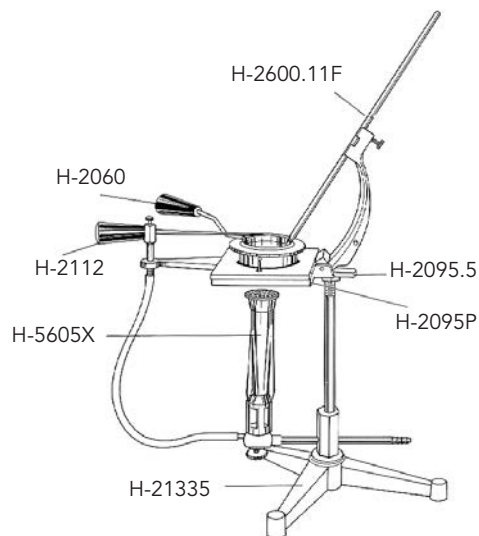
Aparato Cleveland para determinar Punto de Combustión y de Inflamación, Gas Natural— H-2095

Una fuente suministra gas para calentamiento y llama de prueba. Cumple con normas ASTM D92, D117; AASHTO T48. **Termómetro debe ordenarse separadamente.**

Peso de envío: 20 lbs. (9.1kg)

Partes de reemplazo

Descripción	Modelo
Base de soporte de hierro fundido	H-21335
Quegador de alta temperatura con orificio de válvula ajustable	H-5605X
Quegador de Prueba con soporte	H-2112
Plataforma del Punto de Inflamación	H-2095P
Placa sobre tablero	H-2095.4.2
Ensamble de acoplamiento de plataforma	H-2095.5
Copa	H-2060
Tornillo	H-3050.7
Termómetro	H-2600.11F



H-2085

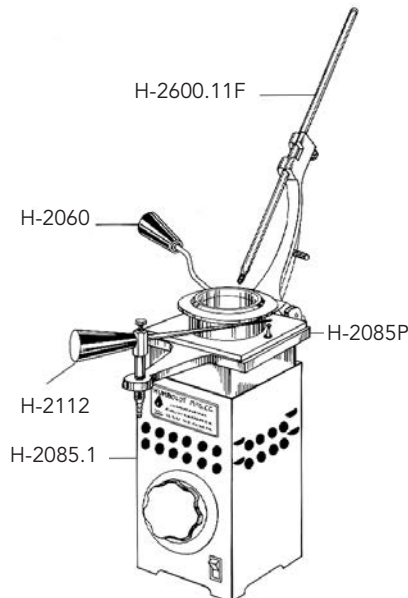
Aparato Cleveland de Copa Abierta, 120V 60Hz— H-2085
Aparato Cleveland de Copa Abierta, 220V 50/60Hz— H-2085.4F

La posición del termómetro es ajustable. Cumple con normas ASTM D92, D117; AASHTO T48. **El termómetro debe ordenarse separadamente.**

Peso de envío: 20 Lbs. (9.1 Kg.)

Partes de reemplazo

Descripción	Modelo
Calentador Eléctrico con reóstato	H-2085.1
Cubierta del Punto de Inflamación	H-2085P
Quegador de Prueba	H-2112
Copa	H-2060
Placa sobre tablero	H-2095.4.2
Termómetro	H-2600.11F



H-2100

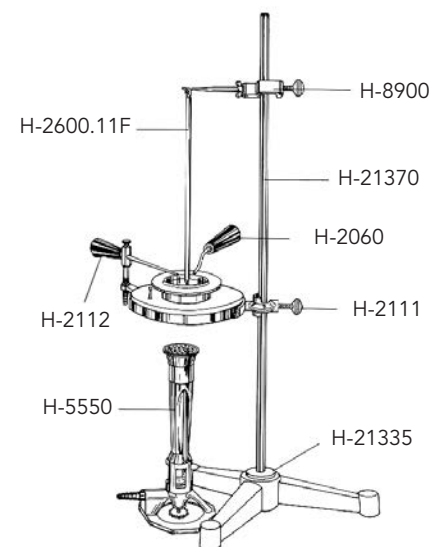
Aparato Cleveland para determinar Punto de Combustión y de Inflamación, Gas Natural— H-2100

La posición del termómetro y de la plataforma de la copa son ajustables verticalmente en la barra de soporte. Cumple con normas ASTM D92, D117; AASHTO T48. **El termómetro debe ordenarse separadamente.**

Peso de envío: 17 Lbs. (7.7 Kg.)

Partes de reemplazo

Descripción	Modelo
Base de soporte de hierro fundido	H-21335
Varilla Soporte	H-21370
Quegador de alta temperatura	H-5550
Quegador de Prueba	H-2112
Placa de copa	H-2111
Copa de Inflamación	H-2060
Porta Termómetro	H-2113
Termómetro	H-2600.11F



**Destilador de alquitrán de aluminio— H-1871**

Usado con el H-2290 para la determinación de agua en petróleo crudo, alquitrán y derivados de estos materiales. La cubierta tiene una tubulación. Dimensiones: 3-1/2" (89 mm) DI x 6" (152 mm) de profundidad interior. Capacidad 1 Qt. (0.9 l). De aluminio fundido. Cumple con normas ASTM D95, D370, D1461, AASHTO T55, T59, T83, T110.

Destilador de aleación de aluminio— H-2345

Usado con el H-2285 para identificar emulsiones catiónicas y como un contenedor para determinar el contenido de agua y residuos por destilación y evaporación. La cubierta tiene 3 tubulaciones (2 perforaciones de 10/18 y 1 de 24/40), 3-3/4" (95 mm) DI x 9-1/2" (241 mm) de profundidad interior. Cumple con las normas ASTM D95, D244; AASHTO T55, T59, T110.

Destilador de aleación de aluminio— H-2346

Similar al H-2345, excepto que la cubierta tiene 4 tubulaciones (3 perforaciones de 10/18 y 1 de 24/40)

Tapones para uso con los destiladores

Tapón de teflón para tubo de vidrio— H-2345TS

Tapón de teflón para termómetro— H-2345TTS

Quemador de anillo— H-1876

Puede ser usado con todos los gases. 4-3/4" (121mm) DI x 5-1/2" DE (140mm). Longitud total del vástago 11" (279mm); conexión de manguera estriada de 3/8". Pasadores guías mantienen el quemador equidistante del destilador. El aditamento Fletcher regula el gas y el aire. Cumple con ASTM D244, AASHTO T59.

Pantalla de Destilación— H-1940

Cilindro de acero inoxidable embridado con revestimiento cerámico de 1/8" y tapa en dos partes. Para matraz de 500ml. Destilación sólo por llama. Cumple con normas ASTM D402, AASHTO T78.

Pantalla de Llama— H-1945

Cono de acero inoxidable, soldado por puntos con un fondo de 2" (51mm) de diámetro y un clip de resorte que calza con los tubos de quemadores de 7/16 a 5/8" (11 a 16mm).

Chimenea del quemador— H-1946

Para anillos estándar de 4" (102mm)

Camisa del condensador— H-2340

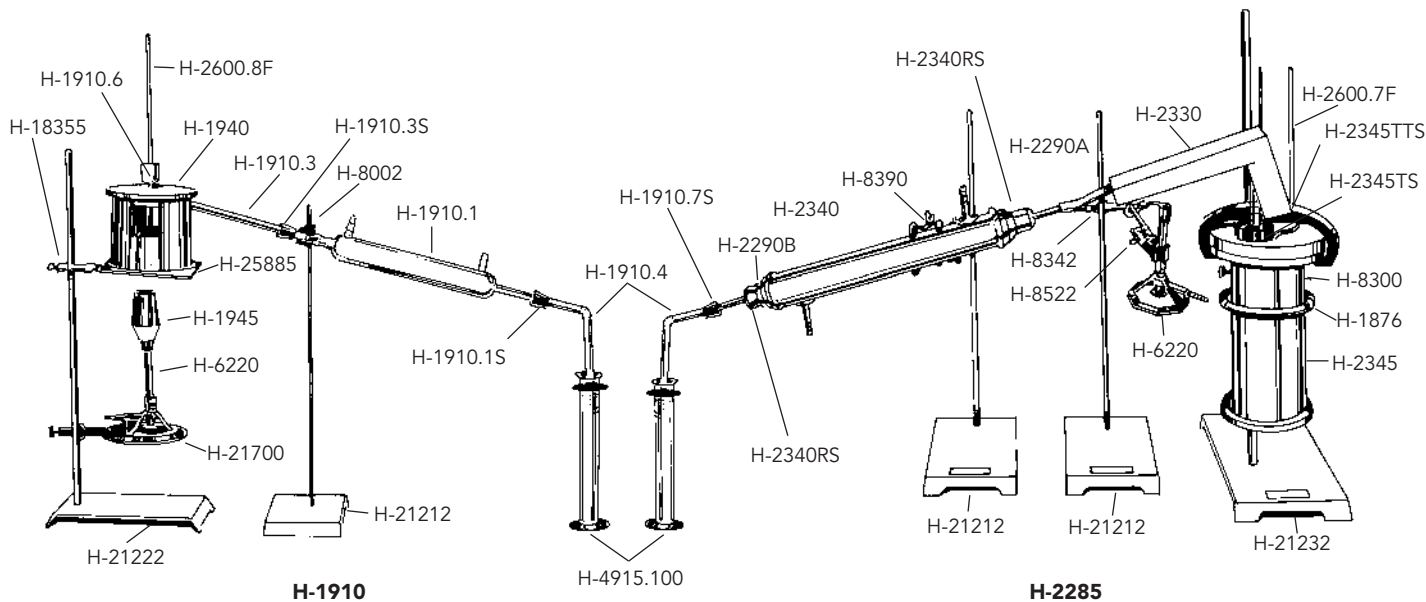
De bronce, con tubulaciones de entrada/salida de 15" de largo en los lados opuestos de la camisa.

Pantalla de tubo de conexión— H-2330

Para uso con H-2285 y H-2290. De acero Inoxidable. Cumple con normas ASTM D244, AASHTO T59.

Limpiador del Destilador— H-2348

Para uso con H-1871 y H-2345. Herramienta para sacar el residuo del interior del Destilador; diámetro de 13" x 4" dia (328x101mm).



Destilación de Productos (Bituminosos) Asfálticos rebajados— H-1910

El aparato de destilación determina con exactitud el contenido de residuo y separa los productos asfálticos volátiles y no volátiles rebajados. **El termómetro H-2600.8F debe pedirse en forma separada.** Cumple normas ASTM D402; AASHTO T78. Peso de embarque. 18 libras. (8.2kg)

Aparato de Destilación de Asfaltos Emulsionados— H-2285

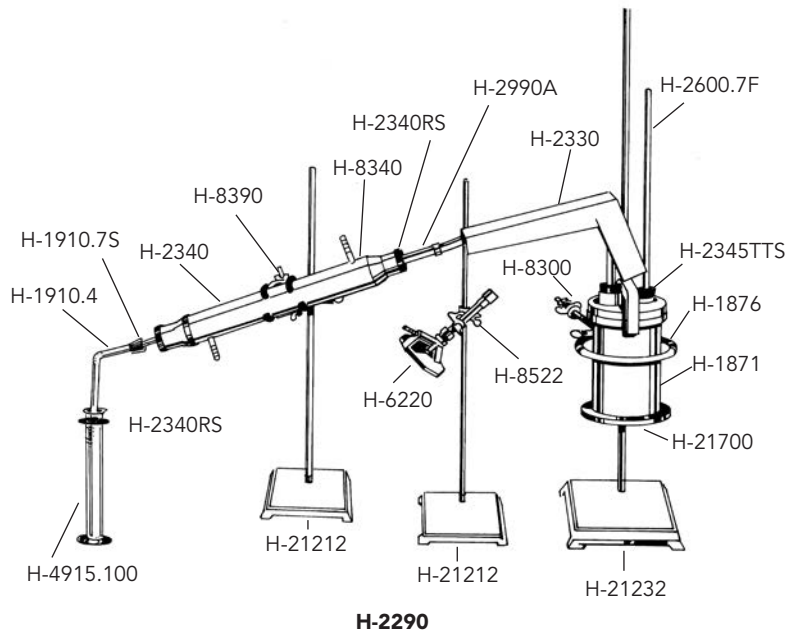
Determina con exactitud la porción representativa de residuo en asfaltos emulsionados. **El termómetro H-2600.7F debe pedirse separadamente.** Cumple norma ASTM D244; AASHTO T59. Peso de Embarque: 30 lb. (13.6kg.)

Ítems individuales incluidos en el H-1910

Descripción	Modelo
Matraz	H-1910.3
Condensador	H-1910.1
Adaptador	H-1910.4
Pantalla de Destilación	H-1940
Pantalla de Llama	H-1945
Cilindro graduado	H-4915.100
Quemador	H-6220
Abrazadera	H-8002
Anillo de soporte	H-18355
Pedestal de soporte	H-21212
Pedestal de soporte	H-21222
Repisa de soporte	H-21700
Gaza de alambre	H-25885

Ítems individuales incluidos en el H-2285.

Descripción	Modelo	Model
Mechero de Anillo		H-1876
Adaptador		H-1910.4
Tubo de vidrio acodado		H-2290A
Tubo de envoltura		H-2290B
Tubo pantalla		H-2330
Condensador		H-2340
Destilador de Aluminio		H-2345
Cilindro graduado		H-4915.100
Quemador		H-6220
Abrazadera		H-8300
Sujeta Abrazaderas (dos en un set)		H-8342
Abrazadera		H-8390
Abrazadera		H-8522
Anillo		H-18355
Pedestales de Soporte (dos en un set)		H-21212
Pedestal de Soporte		H-21232
Repisa de Soporte		H-21700

**H-2290**

Aparato de Destilación para Contenido de Agua en Asfaltos Emulsionados— H-2290

Similar al H-2285, pero destilador H-1871 más pequeño reemplaza al H-2345. Cumple normas ASTM D244; AASHTO T59. Peso de envío: 30 Lbs. (13.6Kg.)

Aparato Dean-Stark, calentado a gas— H-2440

Determina el contenido de agua en productos de petróleo y otros materiales bituminosos. Usa las mismas piezas de repuestos que el H- 2430, excepto que tiene un destilador y quemador (detallados abajo), en lugar del calentador y matraz. Cumple normas ASTM D95, D244, E123.

Peso de Embarque: 30 Lbs (13.6kg)

Ítems incluidos en el H-2440

Descripción	Modelo
Destilador de Alquitrán	H-1871
Mechero de Anillo	H-1876

Destilador para Destilados Volátiles— H-2442.25

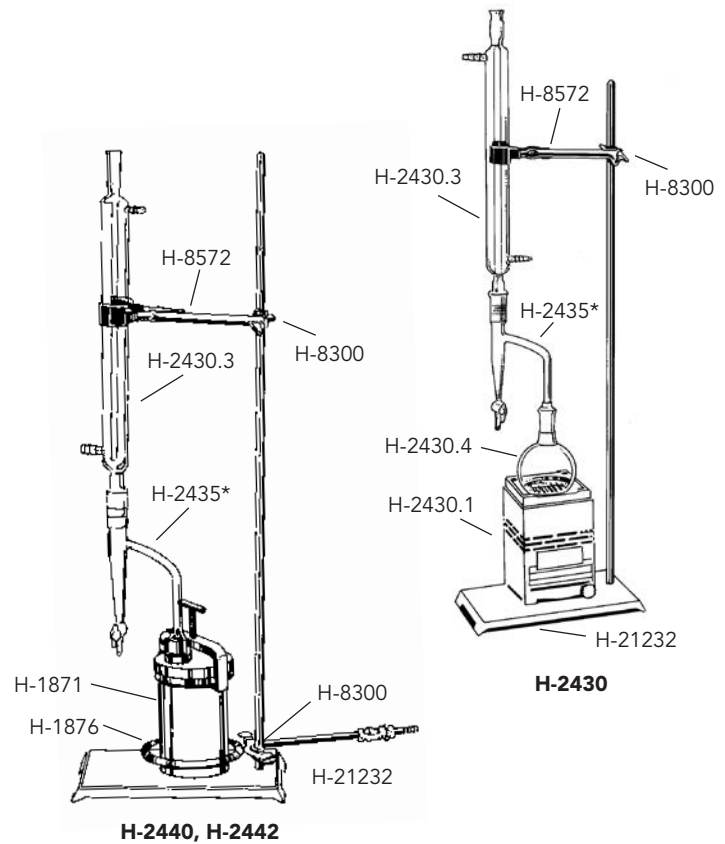
Igual al H-2440, pero el destilador receptor es una trampa para fracciones volátiles del bitumen. Incluye una trampa de 25 ml graduada de 0 a 5ml en divisiones de 0.1ml . Cumple normas ASTM D1461; AASHTO T110.

Peso de envío: 25 Lbs. (11.3 Kg.)

Destilador para Humedad de destilados— H-4242.10

Igual al H-2440, pero el destilador receptor es una trampa de humedad para el bitumen. Incluye una trampa de 10 ml, graduada de 0 a 5ml en divisiones de 0.1ml . Cumple normas ASTM D1461; AASHTO T110.

Peso de embarque: 25 Lbs. (11.3 Kg.)

**H-2440, H-2442**

Aparato Eléctrico Dean-Stark, 120V 60Hz— H-2430

Aparato Eléctrico Dean-Stark, 220V 50/60Hz— H-2430.4F

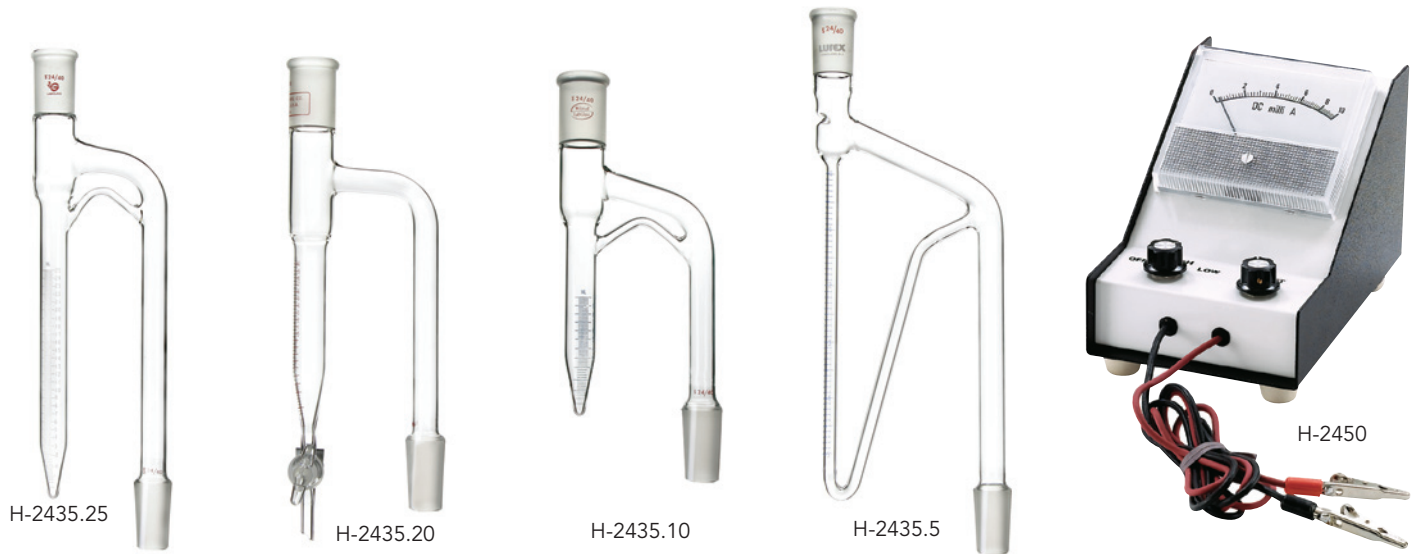
Aparato calentado eléctricamente que determina el contenido de agua en productos de petróleo y otros materiales bituminosos. Cumple con ASTM D95, D244, E123; AASHTO T55, T59. Peso de Embarque: 30 Lbs. (13.6 Kg.)

Ítems incluidos en el H-2430

Description	Model
Descripción	Modelo
Calentador reostático eléctrico 0 a 750W	H-2430.1
Condensador	H-2430.3
Matraz	H-2430.4
Trampa receptora de destilado 20 mg con llave de paso	H-2435.20
Abrazadera	H-8300
Abrazadera de bureta	H-8572
Pedestal de Soporte Rectangular con varilla	H-21232

Hay varias opciones de trampas H-2435.XX, ver página 180.

Nota: Ver la página siguiente para repuestos y accesorios para destilación



Trampa de sombrerete para destilados volátiles de 25 ml— H-2435.25

Graduada 0.1 ml de 0 a 25 ml. Cumple con normas ASTM D95, D1461

Trampa para destilación de 20 ml— H-2435.20

Graduada en 0.2 ml. Opcional para ASTM D95

Trampa para humedad de destilados de 10 ml— H-2435.10

Graduada 0.1ml de 0 a 1ml y 0.2ml de 1ml a 10ml. Cumple normas ASTM D95, D1461.

Trampa para destilación de 5 ml— H-2435.5

Graduada 0.1 ml. Cumple normas ASTM D95, D1461.

Medidor de Cargas de Partículas, 110V 60Hz— H-2450
Medidor de Cargas de Partículas, 220V 50/60Hz— H-2450.4F

Identifica el asfalto emulsionado catiónico usando un miliamperímetro 0-10DC controlado por una resistencia variable. El diseño a prueba de falla evita exceder la capacidad del medidor. Incluye probadores tipo clips identificados positivo y negativo y enchufe de 3 cables.

Peso de envío: 5 Lbs. (2.3 Kg.)

Las placas de acero inoxidable se piden por separado.

Cumple normas ASTM D244; AASHTO T59.

Placas para medidor de carga de partículas— H-2452

Set de dos placas de acero inoxidable de 1" x 4" (25.4 x 101.6 mm) para uso con H-2450.

Set para Betumen Soluble en Solventes Orgánicos— H-1550

Se usa para determinar la solubilidad de los materiales de cemento asfáltico. Cumple normas ASTM D4, D2042 AASHTO T44.

Peso de Embarque: 9 Lbs. (4 Kg.)



Replacement Parts, Model H-1550

Descripción	Modelo
Crisol Gooch	H-1550.1
Porta crisol	H-1550.2
Embudo Buchner	H-1550.3
Filtros de fibra de vidrio	H-1550.8
Adaptador de 3/8"	H-12155
Anillo filtro de matraz	H-4913.500
Tapón N° 7	H-1550.5
Tubos	H-1448PT
Tubing	H-1448PT

Extractores Centrifugos

Usado para la determinación cuantitativa del contenido de betumen en las mezclas de pavimentación, la operación del extractor centrífugo requiere de un tiempo relativamente corto. Se pesa la muestra, se calienta levemente hasta que comience a desintegrarse, se enfría y se coloca en un bol giratorio y se agrega solvente. La acción centrifugadora hace que el líquido pase por el anillo del papel filtro en la periferia del bowl, y se repite el proceso hasta que el solvente expulsado esté transparente. Los agregados se pesan y clasifican. El peso antes y después de la extracción determina las proporciones constituyentes.

Todas las unidades a motor tienen un control de velocidad de estado sólido, confiable y preciso: la velocidad de rotación se ajusta hacia arriba o hacia abajo. El freno eléctrico detiene la rotación en menos de 10 segundos. Las unidades a motor a prueba de explosión tienen las mismas características que las anteriormente mencionadas pero además brindan mayor seguridad. Una unidad manual es ideal para trabajo liviano en laboratorios. Las unidades son de aluminio fundido, livianas y antioxidantes.

Incluye 10 anillos de filtro. Se recomienda obtener boles adicionales para hacer más expeditas las pruebas de varias mezclas; deben pedirse en forma separada. Cumple con norma ASTM D2172 (Método A).



H-1451
H-1452
H-1474



H-1456

Extractor Centrifugo, control analógico, valor de línea.

Las dimensiones son: 12" x 22" x 20" (304 x 559 x 508 mm)

Capacidad	Motor abierto		Motor a prueba de explosión		Peso de embarque	Filtros de reemplazo
	115V 60Hz	220V 50/60Hz	115V 60Hz	220V 50/60Hz		
1500g	H-1452	H-1452.4F	H-1451	H-1451.4F	85 lb (39kg)	H-1481.627 6 micron retention 9-3/4" OD x 1-3/4" ID Package of 100
3000g			H-1474	H-1474.4F	140 lb (64kg)	H-1485.627 6 micron retention 11-5/8" OD x 5" ID Package of 100

Extractor Centrifugo, control analógico, construcción de aluminio fundido.

Las dimensiones son: 18" x 18" x 18" (457 x 457 x 457mm)

Capacidad	Motor abierto	Motor a prueba de explosión		Peso de embarque	Filtros de reemplazo
	115V 60Hz	115V 60Hz	220V 50/60Hz		
1500g	H-1456	H-1466	H-1466.4F	75 lb (33kg)	H-1487.627 4 micron retention 10" OD x 5" ID Package of 100
3000g	H-1471	H-1473	H-1473.4F	80 lb (36kg)	H-1489.627 4 micron retention 12-1/4" OD x 5" ID Package of 100

Piezas de reemplazo para modelos H-1456 a H-1473

Descripción	Modelo
Bowl de aluminio para modelos H-1456 y H-1466	H-1456B
Bowl de aluminio para modelos H-1471 y H-1473	H-1471B
Tapa de bowl para modelos H-1456 y H-1466	H-1456BC
Tapa de bowl para modelos H-1471 y H-1473	H-1471BC
Tapa de tuerca	H-1456N

Descripción	Modelo
Abrazadera para todos los modelos	H-1471C
O Ring de goma para todos los modelos	H-1471RV
Banda de freno para todos los modelos	H-1456BB
Montaje de Banda de freno para todos los modelos	H-1471BBA





H-1461

Extractores Centrifugos con control digital y construcción de aluminio fundido

El controlador puede montarse en la pared para minimizar las vibraciones. Se presiona un botón y se puede ir a otro lugar y la máquina funciona sin la necesidad de un operador. Mantiene en memoria el ajuste del ciclo del último ensayo. Se apaga automáticamente cuando termina el ensayo. Las dimensiones son: 18" x 18" x 18" (457 x 457 x 457 mm)

Extractores Centrifugos con control digital y construcción de aluminio fundido

Las dimensiones son: 18" x 18" x 18" (457 x 457 x 457 mm)

Capacidad	Motor abierto	Motor a prueba de explosión		Peso de embarque	Filtros de reemplazo
	115V 60Hz	115V 60Hz	220V 50/60Hz		
1500g	H-1460	H-1461	H-1461.4F	76 lb (35kg) 	H-1487.627 4 micron retention 10" OD x 5" ID Package of 100
3000g	H-1464	H-1465	H-1465.4F	80 lb (36kg) 	H-1489.627 4 micron retention 12-1/4" OD x 5" ID Package of 100

Papeles Filtros Para uso con Extractores Centrifugos y Sets de extractor de Reflujo

Tamaño	Velocidad de filtraje	Razón de flujo (ml/min)	Espesor	Retención (µm)	Un/paq.	Modelo
9-3/4" x 2-1/2"	medium	85	0.71	4	100	H-1480.627
9-3/4" x 1-3/4"	medium	85	0.71	4	100	H-1481.627
10" x 5"	medium	85	0.71	4	100	H-1487.627
12-1/4" x 5"	medium	85	0.71	4	100	H-1489.627
11-5/8" x 1-3/4"	medium	85	0.71	4	100	H-1485.627
33cm dia.	Very Fast	360	0.51	48	50	H-1497.617
33cm dia.	Very Fast	435	1.02	31	100	H-1497.633
33cm dia.	Fast	235	0.25	24	100	H-1497.615
33cm dia.	Medium	60	0.17	6	100	H-1497.613
33cm dia.	Medium	85	0.71	4	100	H-1497.627
40cm dia.	Medium	85	0.71	4	100	H-1498.627
40cm dia.	Medium Fast	60	0.17	6	100	H-1498.613
40cm dia.	Medium Fast	235	0.25	24	100	H-1498.615
40cm dia.	Very Fast	300	0.51	48	50	H-1498.617



Extractor al Vacío— H-1449

Usado para la determinación cuantitativa de betumen en mezclas en caliente y en las muestras de pavimento. Usar con un matraz Erlenmeyer H-4913.4M . La unidad tiene una superficie de filtración de 12" (305mm) de diámetro. Incluye una manguera de conexión, (100) papeles filtro H-1497.613, un procedimiento de ensayo. Para reemplazo del papel filtro, usar la serie H-1497. Cumple normas ASTM D2172 (Método E); AASHTO T164 (Method E).

Peso de embarque: 60 Lbs. (27.2 Kg.). **Para la bomba de vacío, ordenar separadamente la H-1763A**

Matraz Erlenmeyer de 4000cc— H-4913.4M

Cumple normas ASTM D2172; AASHTO T164 (Method E)

Adaptador de tamiz de 8" para Extractor de Vacío— H-1447

Piezas de reemplazo para Extractor H-1449

Descripción	Modelo
"O" ring de fluorosilicona	H-1448.1
Placa al Vacío de flujo libre	H-1448GS
Placa de acero inoxidable	H-1448P
Placa de acero inoxidable grueso	H-1448HP
Tubería de goma	H-1448RT
Tubería de vacío transparente de paredes gruesas	H-1446
Matraz Erlenmeyer de 4000cc. Cumple normas ASTM D2171; AASHTO T164 (Método E).	H-4913.4M
Adaptador de tamiz de 8"	H-1447

Placa al Vacío de Flujo Libre— H-1448GS

Previene los problemas de flujo cuando se efectúan pruebas de extracción al vacío. Esta placa de acero inoxidable de trabajo pesado no disminuirá su capacidad cuando se aplique vacío. Impide que se bloqueen los orificios de flujo. Los solventes siempre pasan libremente para lograr resultados consistentes y precisos de las pruebas. Elimina problemas y hace que las pruebas sean más expeditas. Se puede usar con el Extractor al Vacío H-1449.

Extractor Centrifugo Sin Filtro, 120V 60Hz— H-1857

Extractor Centrifugo Sin Filtro, 230V 60Hz— H-1857.2F

Extractor Centrifugo Sin Filtro, 230V 50Hz— H-1857.5F

El extractor centrifugo sin filtro de flujo-continuo de la serie H- 1857 es ideal para usar en la extracción de minerales finos de los solventes cargados de betumen obtenidos en las pruebas de extracción de asfaltos estándar. En operación, el solvente en suspensión es alimentado a través del embudo superior a un vaso cónico especial de aluminio. Usando la gran fuerza centrifugadora de 11.000 rpm, el líquido sube por las paredes del vaso cónico y sale por el tubo de sobre flujo mientras los sólidos quedan para ser retirados fácilmente una vez finalizada la prueba. El sistema permite la continua alimentación de la suspensión hasta lograr la capacidad de retención de sólidos del vaso cónico. La unidad viene completa con un tamiz N° 18 (1.0mm) y uno N° 200 (75µm) para colocarlo en la parte superior del embudo de entrada. Usando esta disposición, se puede efectuar una prueba de extracción de la mezcla de asfalto al disolver previamente la mezcla con el solvente para luego vaciar la muestra en el cedazo. Cumple normas ASTM D1856; AASHTO T164, T170. Dimensiones: 20 x 15 x 33" (508 x 380 x 840mm). Peso de Embarque: 150 lb. (68kg)

Vaso de Precipitado de Aluminio— H-1857.5



Set Extractor por Reflujo de 1000g, 120V 60Hz— H-1495
Set Extractor por Reflujo de 1000g, 220V 50/60Hz— H-1495.4F

Este set de extracción por reflujo de 1,000g determina el porcentaje de betumen en la mezcla de pavimentación usando extracción por solvente caliente. Cada cono tiene una capacidad de 500g. El set incluye (2) Conos de rejilla de alambre, condensador de cobre con tubería de agua de salida/entrada de 1/2", jarro de vidrio con bordes abiertos en la base para un ajuste hermético de 6" OD x 18"H (152x457mm), una placa calefactora eléctrica de 6" x 6" y un paquete con 100 unidades de papel filtro de 33 cm. Los componentes están disponibles como piezas de repuesto y se indican a continuación. Cumple normas ASTM D2172; AASHTO T164 (Método B). Peso de Embarque: 26 Lbs. (12 kg.)

Componentes del Extractor H-1495

Descripción	Modelo
Cono de rejilla de alambre (set de 2)	H-1495.1
Condensador de cobre con tubería de agua de salida/entrada de 1/2"	H-1495.2A
Jarro de vidrio con bordes abiertos en la base para ajuste hermético.	H-1495.3
Placa calefactora eléctrica	H-4942 o H-4942.4F
Papel filtro, 33 cm, 100/paq.	H-1497.613
Círculo de fibra química de 8.5"	H-1496.3

Set Extractor por Reflujo de 2000g, 120V 60Hz— H-1499
Set Extractor por Reflujo de 2000g, 220V 50/60Hz— H-1499.4F

Este set de extracción por reflujo de 2,000g determina el porcentaje de betumen en la mezcla de pavimentación usando extracción por solvente caliente. Cada cono tiene una capacidad de 1,000g. El set incluye (2) Conos de rejilla de alambre, condensador de cobre con tubería de agua de salida/entrada de 1/2", jarro de vidrio con bordes abiertos en la base para un ajuste hermético de 8-3/4" OD x 18"H (222x457mm), una placa calefactora eléctrica de 9" x 9" y un paquete con 100 unidades de papel filtro de 40 cm. Los componentes están disponibles como piezas de repuesto y se indican a continuación. Cumple normas ASTM D2172; AASHTO T164 (Método B). Peso de Embarque: 26 Lbs. (12 kg.)

Componentes del Extractor H-1499

Descripción	Modelo
Cono de rejilla de alambre (set de 2)	H-1499.1
Condensador de cobre con tubería de agua de salida/entrada de 1/2"	H-1499.2A
Jarro de vidrio con bordes abiertos en la base para ajuste hermético.	H-1499.3
Placa calefactora eléctrica	H-4943 o H-4943.4F
Papel filtro, 33 cm, 100/paq.	H-1498.613
Círculo de fibra química de 8.5"	H-1496.3

Dispositivo limitador de presión— H-1494A

Para usar con los extractores por reflujo a fin de proteger el condensador de cobre de una presión excesiva. Para uso con tuberías de 1/2".

Dispensador de Asfalto de 6 Qt. (5.7 l), 120V 60Hz— H-1440
Dispensador de Asfalto de 6 Qt. (5.7 l), 220V 50/60Hz— H-1440.4F

Marmita redonda para fundir que tiene un crisol de acero inoxidable (calibre 18) y casco (calibre 20) que facilita la limpieza del mismo. Se puede elegir el modelo de 6 o el de 12 cuartos de galón. Incluye un soporte para montaje de banco ajustable y para trabajo pesado que se ajusta a cualquiera de los dos tamaños. El control de la temperatura dual permite temperaturas independientes para la olla (0-350°) y para la válvula (1-10°). El visor digital puede leerse en grados centígrados o Fahrenheit. Otras características incluyen: calentador cobertor de circuito múltiple para un calor uniforme; dispensador de válvula de bola antigoteo de 1", 7-1/4" sobre la superficie de trabajo; calentador de válvula de 50 W; aislamiento de fibra de vidrio de 3" (76mm); tapa de aluminio separada; cordón eléctrico de 6 pies. Capacidad de 6 cuartos de galón – 800 W; O.D. = 10-1/4" dia. x 14" alto (260 x 356mm). I.D. = 6-3/4" dia. x 7-1/4" profundidad (171 x 184 mm). Válvulas y controles no se incluyen en las dimensiones. Peso de embarque: 30Lbs. (13.6 Kg.)

Dispensador de Asfalto de 12 Qt. (11.4 l), 120V 60Hz— H-1442
Dispensador de Asfalto de 12 Qt. (11.4 l), 220V 50/60Hz— H-1442.4F

Similar al H-1440, pero de 12 Qt. (11.4 L.) de capacidad, 1,200 W y con las siguientes dimensiones: O.D. = 15" dia. x 17" alto (381 x 432mm). I.D. = 10" dia. x 9-1/2" profundidad (254 x 241mm). Válvulas y controles no se incluyen en las dimensiones. Peso de embarque: 43 Lbs. (19.5 Kg.)