

**APOYO AUDIOVISUAL PARA EL DESARROLLO DE LOS LABORATORIOS DE
CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES II**

DIANA CAROLINA BECERRA RAMIREZ



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2009



**APOYO AUDIOVISUAL PARA EL DESARROLLO DE LOS LABORATORIOS DE
CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES II**

DIANA CAROLINA BECERRA RAMIREZ

CÓDIGO: 2032537

TESIS DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR

Ingeniera Civil. Ms.c, HEBENLY CELIS LEGUIZAMO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2009

DEDICATORIA

A mis padres, Gilberto y Nancy por su apoyo incondicional, por ser ejemplo de esfuerzo y superación, así como motor permanente de mi desarrollo como persona, porque me han brindado las herramientas necesarias para lograr cada uno de mis éxitos como mujer y como profesional.

A mis hermanos, Lida, Gilberto y Sebastián porque con su paciencia me han acompañado a forjar el camino que hoy me lleva a cumplir uno de mis sueños.

A mi novio, Orlando porque con su esfuerzo, su apoyo, pero principalmente su amor no me ha permitido desistir en los intentos y ha logrado que cada día sea mejor persona.

A las familias Puente, Rojas y Cadena porque no solo me han brindado su ayuda económica, sino que me han acogido en sus vidas, permitiéndome entender que Dios presenta de diferentes formas ángeles en nuestro camino para que logremos nuestras metas.

A mi sobrina Luisa Alejandra, por ayudarme a entender que en la diferencia puedes encontrar la fortaleza para seguir adelante y que Dios solo regala niños especiales, a familias especiales.

A todos aquellos que de una u otra manera hicieron posible que este proyecto sea una realidad, gracias a su esfuerzo y colaboración.

Diana Carolina Becerra Ramírez

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	XV
LISTA DE TABLAS	XVI
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	XVII
LISTA DE ANEXOS.....	XXVI
RESUMEN.....	XXVII
ABSTRACT.....	XXVIII
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	3
1. LA IMPORTANCIA DE LAS AYUDAS AUDIO-VISUALES	4
2. MATERIALES.....	6
2.1 Historia.....	6
2.2 Descripción de materiales utilizados en la construcción colombiana a lo largo de la historia	6
2.3 Clasificación de los materiales en función de su naturaleza	7
2.4 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	7
2.4.1 Características de los materiales de construcción	7
2.4.2 Clasificación de los materiales de construcción.....	8
2.5 MATERIALES ESTUDIADOS EN LABORATORIO	9
2.5.1 Agregados	9
2.5.1.1 Agregados finos.....	10
2.5.1.2 Agregados Gruesos	10
2.5.2 Asfalto	10
2.5.3 Concreto	11

2.5.4	Suelos	13
REFERENCIAS		14
3	CARACTERIZACION DE COMPORTAMIENTO MECANICO	15
3.1	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ. (INV E-414-07)	16
	Introducción	16
3.1.1	Objetivo	16
3.1.2	Se usa	16
3.1.3	Materiales y equipos	16
3.1.4	Procedimiento	20
3.1.5	Cálculos	22
3.1.6	Informe	23
REFERENCIAS		25
3.2	ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA DE CILINDROS NORMALES DE CONCRETO (NTC 722).....	26
	Introducción	26
3.2.1	Objetivo	26
3.2.2	Se usa	26
3.2.3	Materiales y equipos	26
3.2.4	Procedimiento	30
3.2.5	Cálculos	35
3.2.6	Informe	35
REFERENCIAS		37

3.3 ENSAYO VISCOSIDAD DEL ASFALTO MEDIANTE VISCOSÍMETROS CAPILARES DE VACÍO. (INV E-716-07)	38
Introducción	38
3.3.1 Objetivo	39
3.3.2 Se usa	39
3.3.3 Materiales y equipos	39
3.3.4 Procedimiento	40
3.3.5 Cálculos	42
3.3.6 Informe	43
REFERENCIAS	45
3.4 MÓDULO DINÁMICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (INV E-754-07)	46
Introducción	46
3.4.1 Objetivo	47
3.4.2 Se usa	47
3.4.3 Materiales y equipos	47
3.4.4 Preparación de la muestra	48
3.4.4.1 PREPARACION DE ESPECIMENES ASFALTICOS PARA EL ENSAYO DEL MODULO DINAMICO. (INV E-753-07).	49
3.4.4.1.1 Objetivo	49
3.4.4.1.2 Equipo	49
3.4.4.1.3 Especímenes de ensayo	49
3.4.4.1.4 Procedimiento de Preparación	49
3.4.5 Procedimiento de Ejecución del Ensayo	50
3.4.6 Cálculos	52

3.4.7	Informe	54
	REFERENCIAS	55
4	. CARACTERIZACION DE GRANULARES.....	56
4.1	RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES. (INV E-218-07).....	57
	Introducción	57
4.1.1	Objetivo	57
4.1.2	Se usa	57
4.1.3	Materiales y equipos	58
4.1.4	Procedimiento	59
4.1.5	Cálculos	62
4.1.6	Informe	62
	REFERENCIAS	64
4.2	EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS.....	65
	(INV E-133-07).....	65
	Introducción	65
4.2.1	Objetivo	65
4.2.2	Se usa	65
4.2.3	Materiales y equipos	65
4.2.4	Procedimiento	68
4.2.5	Cálculos	71
4.2.6	Informe	73
	REFERENCIAS	75

4.3 ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS. (INV E-230-07)	76
Introducción	76
4.3.1 Objetivo	76
4.3.2 Se usa	76
4.3.3 Materiales y equipos	76
4.3.4 Procedimiento	78
4.3.5 Cálculos	81
4.3.6 Informe	82
REFERENCIAS	84
5. CARACTERIZACIÓN DE COMPACTIBILIDAD DE MATERIALES PARTICULADOS	85
5.1 RELACIONES DE HUMEDAD – MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN). (INV E-142-07)	86
Introducción	86
5.1.1 Objetivo	86
5.1.2 Se usa	87
5.1.3 Materiales y equipos	87
5.1.4 Procedimiento	90
5.1.5 Cálculos	93
5.1.6 Informe	94
REFERENCIAS	96
5.2 DENSIDAD O MASA UNITARIA DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL CONO DE ARENA). (INV E-161-07)	97
Introducción	97

5.2.1	Objetivo	97
5.2.2	Se usa	97
5.2.3	Materiales y equipos	97
5.2.4	Procedimiento	99
5.2.5	Cálculos	102
5.2.6	Informe	103
REFERENCIAS		106
5.3 RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO.....		107
(CBR DE LABORATORIO). (INV E-148-07).....		107
Introducción		107
5.3.1	Objetivo	107
5.3.2	Se usa	107
5.3.3	Materiales y equipos	108
5.3.4	Procedimiento	111
5.3.4.1	Procedimiento de inmersión de la muestra	113
5.3.4.2	Ensayo de penetración	115
5.3.5	Cálculos	117
5.3.6	Informe	120
REFERENCIAS		123
6. FORMULACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS		124
6.1 RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE.....		125
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (INV E-748-07).....		125
Introducción		125
6.1.1	Objetivo	125

6.1.2	Se usa	125
6.1.3	Materiales y equipos	125
6.1.4	Procedimiento	131
6.1.5	Cálculos	136
6.1.6	Informe	139
REFERENCIAS		141
6.2	DOSIFICACION DE CONCRETOS (TECNOCONCRETOS ACI 211)	142
	Introducción	142
6.2.1	TAMIZADO DE MATERIALES GRANULADOS (NORMA INCONTEC 77)	143
6.2.1.1	Objetivo	143
6.2.1.2	Se usa	143
6.2.1.3	Materiales y equipos	143
6.2.1.4	Procedimiento	144
6.2.1.5	Cálculos	146
6.2.1.6	Informe	147
6.2.2	METODO PARA DETERMINAR LA MASA UNITARIA DE LOS AGREGADOS (NORMA INCONTEC 92)	149
6.2.2.1	Objetivo	149
6.2.2.2	Se usa	149
6.2.2.3	Materiales y equipos	149
6.2.2.4	Procedimiento	150
6.2.2.5	Cálculos	152
6.2.2.6	Informe	152

6.2.3	METODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS (NTC 176)	154
6.2.3.1	Objetivo	154
6.2.3.2	Se usa	154
6.2.3.3	Materiales y equipos	154
6.2.3.4	Procedimiento	155
6.2.3.5	Cálculos	157
6.2.3.6	Informe	158
6.2.4	METODO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO Y LA ABSORCION DE AGREGADOS FINOS (NTC 237)	160
6.2.4.1	Objetivo	160
6.2.4.2	Se usa	160
6.2.4.3	Materiales y equipos	160
6.2.4.4	Procedimiento	161
6.2.4.5	Cálculos	163
6.2.4.6	Informe	164
6.2.5	DISEÑO DE MEZCLA (ACI-211)	166
6.2.5.1	Objetivo	166
6.2.5.2	Se usa	166
6.2.5.3	Materiales y equipos	166
6.2.5.4	Procedimiento	168
6.2.6	Asentamiento	174
6.2.6.1	Elaboración de la probeta	175
6.2.7	ENSAYO DE RESISTENCIA Y COMPRESION PARA CILINDROS NORMALES DE HORMIGON (NTC 673)	176

6.2.7.1	Objetivo	176
6.2.7.2	Se usa	176
6.2.7.3	Materiales y equipos	176
6.2.7.4	Procedimiento	177
6.2.7.5	Cálculos	178
6.2.7.6	Informe	178
REFERENCIAS		181
7.	CONSOLIDACIÓN DE SUELOS.....	182
7.1	CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS (INV E-151-07).	183
	.....	183
	Introducción	183
7.1.1	Objetivo	184
7.1.2	Se usa	184
7.1.3	Materiales y equipos	184
7.1.4	Procedimiento	187
7.1.5	Cálculos	192
7.1.6	Informe	197
REFERENCIAS		200
RECOMENDACIONES GENERALES		201
CONCLUSIONES.....		202

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.4.6- 1 Registro de carga y deformación.....	53
Figura 5.3.5- 1 Curva esfuerzo – penetración.....	118
Figura 7.1.5- 1 Curva asentamiento – logaritmo del tiempo	192
Figura 7.1.5- 2 Curva asentamiento – raíz cuadrada del tiempo	193

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1.4-1:Cantidades para un metro cubico de concreto	20
Tabla3.1.4-2:Numero de capas de llenado para elementos prismaticos de hormigon	19
Tabla 3.1.4-3:Apisonado de vigas de hormigon	19
Tabla 3.2.4-1:Cantidades para un metro cubico de concreto	30
Tabla 3.2.4-2:Numero de capas de llenado para cilindros de concreto	32
Tabla 3.2.4-3:Apisonado de cilindros de hormigon.....	32
Tabla 4.1.4-1:Condiciones del ensayo de desgaste	60
Tabla 4.1.4-2:Cantidad de carga abrasiva de acuerdo a la granulometria	60
Tabla 4.3.4-1:Dimensiones del calibrador de acuerdo al tamaño	79
Tabla 5.1.4-1:Cantidad de muestra y numero de golpes de acuerdo al metodo y tamiz	90
Tabla 5.3.4-2- 1Penetraciones en las cuales se registran las cargas	116
Tabla 5.3.5-1:Presiones para dos puntos de penetracion	119
Tabla 6.1.4-1:Porcentajes por tamaño de agragado	131
Tabla 6.2.1.4-1:Cantidad de muestra en peso por su tamaño	145
Tabla 6.2.5.4-1:Asentamientos recomendados para concretos de diferentes grados de manejabilidad.....	169
Tabla 6.2.5.4-2:Tamaños maximos de agregados según la construccion	170
Tabla 6.2.5.4-3:Agua en kilogramos por metro cubico de concreto para los tamaños maximos de agregado indicados.....	171
Tabla 6.2.5.4-4:Coeficientes de variacion para diferentes controles	171
Tabla 6.2.5.4-5:Relacion entre la resistencia a la compresion del concreto y la relacion agua/cemento	172
Tabla 6.2.5.4-6:Volumen de agregado grueso por volumen de concreto	173

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 3.1.3- 1 Balanza.....	17
Foto 3.1.3- 2 Material aislante	17
Foto 3.1.3- 3 Materiales para la elaboracion de la probeta	17
Foto 3.1.3- 4 Molde para la viga	18
Foto 3.1.3- 5 Palustre	18
Foto 3.1.3- 6 Probeta	18
Foto 3.1.3- 7 Recipiente para mezclar	19
Foto 3.1.3- 8 Varilla compactadora	19
Foto 3.1.3- 9 Maquina de ensayo	19
Foto 3.1.4- 1 Pesando los materiales	20
Foto 3.1.4- 2 Recubriendo el molde	21
Foto 3.1.4- 3 Mezclando agregado fino y cemento.....	21
Foto 3.1.4- 4 Mezclando el agregado grueso	21
Foto 3.1.4- 5 Unificando la mezcla con el agua	21
Foto 3.1.4- 6 Compactando la mezcla en el interior	20
Foto 3.1.4- 7 Compactando la mezcla en el exterior	20
Foto 3.1.4- 8 Enrasando.....	20
Foto 3.1.4- 9 Viga desencofrada.....	20
Foto 3.1.4- 10 Ubicandola en la maquina de ensayo	21
Foto 3.1.4- 11 Aplicando la carga	21
Foto 3.1.4- 12 Momento de la falla	21
Foto 3.1.4- 13 La viga fallada	21
Foto 3.2.3- 1 Balanza.....	26
Foto 3.2.3- 2 Material aislante	27
Foto 3.2.3- 3 Material para la elaboracion de la probeta	27
Foto 3.2.3- 4 Molde	27
Foto 3.2.3- 5 Palustre	28
Foto 3.2.3- 6 Probeta	28

Foto 3.2.3- 7 Recipiente para mezclar	28
Foto 3.2.3- 8 Varilla compactadora	29
Foto 3.2.3- 9 Listones de apoyo de madera	29
Foto 3.2.3- 10 Maquina de ensayo	29
Foto 3.2.4- 1 Pesaje del material	30
Foto 3.2.4- 2 Haciendo el hoyo en el agregado fino	30
Foto 3.2.4- 3 Recubriendo el molde	31
Foto 3.2.4- 4 Mezclando el cemento	31
Foto 3.2.4- 5 Mezclando el agregado grueso	31
Foto 3.2.4- 6 Adicionando el agua	31
Foto 3.2.4- 7 Compactando la probeta	31
Foto 3.2.4- 8 Enrasando el cilindro	33
Foto 3.2.4- 9 Curado de la probeta	33
Foto 3.2.4- 10 Cilindro listo para fallar	33
Foto 3.2.4- 11 Ubicando los listones	34
Foto 3.2.4- 12 Posicion de falla del cilindro	34
Foto 3.2.4- 13 Ajustando la maquina	34
Foto 3.2.4- 14 Aplicando carga	34
Foto 3.2.4- 15 Momento de falla	34
Foto 3.2.4- 16 Tipo de falla	34
Foto 3.3.3- 1 Baño para el viscosimetro	39
Foto 3.3.3- 2 Horno	39
Foto 3.3.3- 3 Muestra de asfalto	40
Foto 3.3.3- 4 Viscosimetro de vacio Koppers	40
Foto 3.3.4- 1 Marca inicial.....	41
Foto 3.3.4- 2 Vertimos el asfalto (liquido).....	41
Foto 3.3.4- 3 Introducimos el viscosimetro en el baño	41
Foto 3.3.4- 4 Aplicamos vacio	42
Foto 3.3.4- 5 Tomando tiempos.....	42
Foto 3.3.4- 6 Medida de capilar	42

Foto 3.4.3- 1 Maquina de ensayo	47
Foto 3.4.3- 2 Termometro	47
Foto 3.4.3- 3 Sistema de medida de carga, deformacion y otros	48
Foto 3.4.5- 1 Acoplando la temperatura	50
Foto 3.4.5- 2 Aplicando carga	51
Foto 3.4.5- 3 Lectura de datos	51
Foto 4.1.3- 1 Balanza.....	58
Foto 4.1.3- 2 Horno	58
Foto 4.1.3- 3 Tamices	58
Foto 4.1.3- 4 Maquina de los angeles	59
Foto 4.1.3- 5 Carga abrasiva	59
Foto 4.1.4- 1 Agregando la muestra a los tamices	59
Foto 4.1.4- 2 Tamizando	59
Foto 4.1.4- 3 Pesaje de la muestra	60
Foto 4.1.4- 4 Mezclando la muestra	60
Foto 4.1.4- 5 Transporte hacia la maquina	61
Foto 4.1.4- 6 Seleccionando la carga abrasiva	61
Foto 4.1.4- 7 Muestra pasada por la maquina	61
Foto 4.1.4- 8 Tamizando sobre el No.12	61
Foto 4.1.4- 9 Lavando lo que retuvo el No. 12	61
Foto 4.1.4- 10 Secando la muestra	61
Foto 4.2.3- 1 Cilindro graduado	65
Foto 4.2.3- 2 Tubo irrigador	66
Foto 4.2.3- 3 Embudo	66
Foto 4.2.3- 4 Balanza.....	66
Foto 4.2.3- 5 Horno	67
Foto 4.2.3- 6 Cronometro	67
Foto 4.2.3- 7 Tamiz No. 4.....	67
Foto 4.2.3- 8 Ensamble de pie	68
Foto 4.2.4- 1 Verificando humedad	68

Foto 4.2.4- 2 Probetas con solución y material	69
Foto 4.2.4- 3 Agitando la mezcla	69
Foto 4.2.4- 4 Introduciendo el irrigador.....	70
Foto 4.2.4- 5 Lectura de arcilla.....	70
Foto 4.2.4- 6 Tomando lectura de arena	71
Foto 4.3.3- 1 Calibrador de longitudes.....	77
Foto 4.3.3- 2 Calibrador de espesores	77
Foto 4.3.3- 3 Balanza.....	77
Foto 4.3.3- 4 Taras	78
Foto 4.3.3- 5 Tamices	78
Foto 4.3.4- 1 Tamizando	79
Foto 4.3.4- 2 Separación por tamaño	79
Foto 4.3.4- 3 Ajustando el calibrador de espesores	79
Foto 4.3.4- 4 Seleccionando material que retuvo	79
Foto 4.3.4- 5 Pasando material para índice de aplanamiento.....	80
Foto 4.3.4- 6 Separación del material	80
Foto 4.3.4- 7 Ajustando el calibrador de longitudes	80
Foto 4.3.4- 8 Ajustando la abertura	80
Foto 4.3.4- 9 Pasando material para índice de alargamiento	81
Foto 4.3.4- 10 Pesaje de la muestra	81
Foto 5.1.3- 1 Balanza.....	87
Foto 5.1.3- 2 Horno	87
Foto 5.1.3- 3 Tamiz No. 4.....	88
Foto 5.1.3- 4 Moldes	88
Foto 5.1.3- 5 Martillo de compactación.....	88
Foto 5.1.3- 6 Recipientes	89
Foto 5.1.3- 7 Taras	89
Foto 5.1.3- 8 Probeta graduada.....	89
Foto 5.1.3- 9 Pison	90
Foto 5.1.4- 1 Pesaje del material	91

Foto 5.1.4- 2 Humedeciendo la muestra	91
Foto 5.1.4- 3 Pesaje del molde	91
Foto 5.1.4- 4 Compactando la muestra con el martillo	92
Foto 5.1.4- 5 Enrasamos	92
Foto 5.1.4- 6 Pesaje del conjunto (molde + muestra)	92
Foto 5.1.4- 7 Tomando una muestra del suelo del molde	92
Foto 5.2.3- 1 Aparato del cono de arena	97
Foto 5.2.3- 2 Cono metalico con valvula	98
Foto 5.2.3- 3 Equipo miscelaneo	98
Foto 5.2.3- 4 Placa base metalica	98
Foto 5.2.3- 5 Balanza	99
Foto 5.2.4- 1 Pesaje del equipo lleno	99
Foto 5.2.4- 2 Placa llena de arena	99
Foto 5.2.4- 3 Abriendo el hueco en el suelo	100
Foto 5.2.4- 4 Limpiando el hueco	100
Foto 5.2.4- 5 Embudo encajado en el hueco	100
Foto 5.2.4- 6 Llenando el hueco con arena	100
Foto 5.2.4- 7 Pesaje del equipo despues de llenar el hueco	101
Foto 5.2.4- 8 Sacando la arena del hueco	101
Foto 5.2.4- 9 Toma de humedad natural con el humedometro	101
Foto 5.2.4- 10 Lectura del humedometro	101
Foto 5.2.4- 11 Pesaje del material sacado del hueco	101
Foto 5.2.4- 12 Secado del material	101
Foto 5.3.3- 1 Balanza	108
Foto 5.3.3- 2 Horno	108
Foto 5.3.3- 3 Tamices	108
Foto 5.3.3- 4 Moldes	109
Foto 5.3.3- 5 Disco espaciador	109
Foto 5.3.3- 6 Martillo de compactacion	109
Foto 5.3.3- 7 Medidor de expansion	110

Foto 5.3.3- 8 Papel de filtro	110
Foto 5.3.3- 9 Placas de sobrecarga	110
Foto 5.3.3- 10 Tanque	111
Foto 5.3.3- 11 Maquina de penetracion	111
Foto 5.3.4- 1 Tamizando el material.....	112
Foto 5.3.4- 2 Pesaje del suelo tamizado	112
Foto 5.3.4- 3 Pesaje del molde	112
Foto 5.3.4- 4 Humedeciendo la muestra	112
Foto 5.3.4- 5 Compactando la probeta	113
Foto 5.3.4.1- 1Midiendo la expansion	114
Foto 5.3.4.1- 2 Sumergiendo el conjunto(molde + muestra) en el tanque	114
Foto 5.3.4.1- 3 Midiendo la expansión despues de la inmersion	114
Foto 5.3.4.1- 4 Escurriendo el agua de la probeta.....	115
Foto 5.3.4.2- 1 Ajustando la muestra para fallarla	115
Foto 5.3.4.2- 2 Aplicando carga	116
Foto 5.3.4.2- 3 Probeta fallada.....	116
Foto 5.3.4.2- 4 Preparando muestra para medir la humedad	116
Foto 6.1.3- 1 Dispositivo para moldear	125
Foto 6.1.3- 2 Gato hidraulico	126
Foto 6.1.3- 3 Martillo de compactacion.....	126
Foto 6.1.3- 4 Pedestal de compactacion	126
Foto 6.1.3- 5 Sujetador para el molde.....	127
Foto 6.1.3- 6 Estufa.....	127
Foto 6.1.3- 7 Material aislante	127
Foto 6.1.3- 8 Asfalto	128
Foto 6.1.3- 9 Olla	128
Foto 6.1.3- 10 Termometro	128
Foto 6.1.3- 11 Tamices.....	129
Foto 6.1.3- 12 Mordazas	129
Foto 6.1.3- 13 Balanza	129

Foto 6.1.3- 14 Horno	130
Foto 6.1.3- 15 Agregado	130
Foto 6.1.3- 16 Prensa	130
Foto 6.1.4- 1 Tamizando el agregado grueso	131
Foto 6.1.4- 2 Tamizando el agregado fino	131
Foto 6.1.4- 3 Pesaje de la muestra	132
Foto 6.1.4- 4 Calentando el agregado y el asfalto	132
Foto 6.1.4- 5 Mezclando el agregado y el asfalto	132
Foto 6.1.4- 6 Retirando el molde del horno	133
Foto 6.1.4- 7 Vertimos la mezcla en el molde	133
Foto 6.1.4- 8 Nivelando la mezcla	133
Foto 6.1.4- 9 Compactamos la mezcla con el martillo	133
Foto 6.1.4- 10 Probeta en reposo para que endurezca	134
Foto 6.1.4- 11 Probeta desencofrada	134
Foto 6.1.4- 12 Peso de la probeta seca	134
Foto 6.1.4- 13 Peso de la probeta sumergida	134
Foto 6.1.4- 14 Probeta sumergida en agua caliente	135
Foto 6.1.4- 15 Ajustando la probeta en los anillos	135
Foto 6.1.4- 16 Aplicando la carga	135
Foto 6.1.4- 17 Probeta fallada	136
Foto 6.2.1.3- 1 Balanza	143
Foto 6.2.1.3- 2 Tamices	143
Foto 6.2.1.3- 3 Horno	144
Foto 6.2.1.4- 1 Organizando los tamices	144
Foto 6.2.1.4- 2 Tamizando	145
Foto 6.2.2.3- 1 Balanza	149
Foto 6.2.2.3- 2 Varilla compactadora	149
Foto 6.2.2.3- 3 Recipiente metalico	150
Foto 6.2.2.4- 1 Pesaje del recipiente vacio	150
Foto 6.2.2.4- 2 Compactando el agregado grueso	150

Foto 6.2.2.4- 3 Llenando el recipiente de agregado fino	151
Foto 6.2.2.4- 4 Pesaje del conjunto (recipiente + agregado fino).....	151
Foto 6.2.2.4- 5 Compactando el agregado fino	151
Foto 6.2.3.3- 1 Balanza	154
Foto 6.2.3.3- 2 Varilla compactadora	154
Foto 6.2.3.3- 3 Canasta de alambre.....	155
Foto 6.2.3.3- 4 Recipiente para inmersión	155
Foto 6.2.3.4- 1 Agregado grueso en inmersión	155
Foto 6.2.3.4- 2 Agregado grueso escurrido	156
Foto 6.2.3.4- 3 Secando superficialmente el material	156
Foto 6.2.3.4- 4 Colocando el agregado en la canasta	156
Foto 6.2.3.4- 5 Secando el material en el horno	157
Foto 6.2.4.3- 1 Balanza	160
Foto 6.2.4.3- 2 Probeta.....	160
Foto 6.2.4.3- 3 Molde metálico.....	161
Foto 6.2.4.3- 4 Pison metálico.....	161
Foto 6.2.4.4- 1 Agregado fino en inmersión.....	161
Foto 6.2.4.4- 2 Secando el agregado fino	161
Foto 6.2.4.4- 3 Prueba de humedad con el molde.....	162
Foto 6.2.4.4- 4 Llenando con agua la probeta.....	162
Foto 6.2.4.4- 5 Pesaje del conjunto (agua + agregado).....	162
Foto 6.2.4.4- 6 Pesaje de la probeta con agua	163
Foto 6.2.5.3- 1 Balanza	166
Foto 6.2.5.3- 2 Material aislante.....	166
Foto 6.2.5.3- 3 Materiales para la elaboración de la probeta	167
Foto 6.2.5.3- 4 Varilla compactadora	167
Foto 6.2.5.3- 5 Molde.....	167
Foto 6.2.5.3- 6 Palustre	168
Foto 6.2.5.3- 7 Probeta.....	168
Foto 6.2.5.3- 8 Recipiente para mezclar.....	168

Foto 6.2.8.3- 1 Placas de apoyo	176
Foto 6.2.8.3- 2 Maquina de ensayo	176
Foto 6.2.7.4- 1 Cilindro listo para fallar	177
Foto 6.2.7.4- 2 Aplicando carga al cilindro	177
Foto 7.1.3- 1 Consolidometro	184
Foto 7.1.3- 2 Caja de consolidacion	184
Foto 7.1.3- 3 Componentes del dispositivo de carga	185
Foto 7.1.3- 4 Piedras porosas	185
Foto 7.1.3- 5 Balanza.....	185
Foto 7.1.3- 6 Horno	186
Foto 7.1.3- 7 Extensometro	186
Foto 7.1.3- 8 Recipientes	186
Foto 7.1.3- 9 Cronometro	187
Foto 7.1.4- 1 Excavacion del hueco	187
Foto 7.1.4- 2 Cubriendo la muestra con parafina en la cara superior	187
Foto 7.1.4- 3 Cubriendo la muestra con parafina en la cara inferior	188
Foto 7.1.4- 4 Muestra recortada.....	188
Foto 7.1.4- 5 Incrustando el anillo en la muestra	188
Foto 7.1.4- 6 Muestra dentro el anillo de consolidacion.....	188
Foto 7.1.4- 7 Piedras porosas humedecidas	189
Foto 7.1.4- 8 Emsamble de la caja de consolidacion.....	189
Foto 7.1.4- 9 Ajuste del deformimetro	189
Foto 7.1.4- 10 Carga a poner en el ensayo	190
Foto 7.1.4- 11 Extraccion de la muestra de suelo.....	190
Foto 7.1.4- 12 Calculo de la humedad	191

LISTA DE ANEXOS

ANEXO# 1 [FORMATO]	24
ANEXO# 2 (FORMATO).....	36
ANEXO# 3(FORMATO).....	44
ANEXO# 4(FORMATO).....	63
ANEXO# 5(FORMATO).....	74
ANEXO# 6 (FORMATO).....	83
ANEXO# 7 (FORMATO).....	95
ANEXO# 8 (FORMATO).....	105
ANEXO# 9 (FORMATO).....	121
ANEXO# 10(FORMATO)	140
ANEXO# 11 (FORMATO)	148
ANEXO# 12 (FORMATO)	153
ANEXO# 13 (FORMATO)	159
ANEXO# 14 (FORMATO)	165
ANEXO# 15 (FORMATO)	179
ANEXO# 16 (FORMATO)	180
ANEXO# 17(FORMATO)	199

RESUMEN

TITULO:

APOYO AUDIOVISUAL PARA EL DESARROLLO DE LOS LABORATORIOS DE
CARACTERIZACION DE MATERIALES II*

AUTOR:

BECERRA RAMIREZ, Diana Carolina**

PALABRAS CLAVES:

Caracterización de Materiales, Herramientas, Laboratorio, Audiovisuales, Ensayos,
Normas INVIAS, NTC.

DESCRIPCION:

Ante la evolución de nuestra sociedad, la cual exige permanente adaptación al cambio e implementación de herramientas que fusionen teoría y práctica a través de metodologías prácticas que faciliten el aprendizaje y que exigen rapidez en la realización de actividades que sean eficientes y eficaces, haciendo que la formalidad y el análisis de las mismas se pierdan. Basados en esto se optó por la realización de este proyecto de grado que busca complementar tanto la tecnología como la academia.

De ahí la base fundamental de este proyecto es la realización de un manual y un video como Apoyo Audiovisual para el Desarrollo de los Laboratorios de Caracterización de Materiales II, el cual sirve como guía en la ejecución de las prácticas a los estudiantes, y como material de trabajo al docente.

Este proyecto de grado consta de dos partes una línea teórica que consiste en un manual informativo que contiene los trece (13) ensayos contemplados en la asignatura de Caracterización de Materiales II, de los cuales se mencionan: objetivos, uso, materiales, procedimientos, cálculos, formatos y normas referentes a los laboratorios, igualmente se realizaron trece (13) videos que recopilan la ejecución práctica de estos laboratorios y que tienen como fin servir de herramienta didáctica para estudiantes y profesionales que necesiten una ayuda visual para la ejecución de pruebas de materiales de uso común en el ejercicio de nuestra profesión.

* Proyecto de Grado Modalidad: Trabajo de Investigación.

** Facultad de Ingeniería Físico – Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Ms.c Hebenly Celis Leguizamo.



ABSTRACT

TITLE:

AUDIOVISUAL SUPPORT FOR DEVELOPMENT OF LABORATORIES material
characterization II*

AUTHOR:

BECERRA RAMIREZ, Diana Carolina**

KEYWORDS:

Material Characterization, Audiovisual, Tests, INVIAS Standards, NTC.

DESCRIPTION:

Given the pace of our society, which requires permanent change adaptation and implementation of tools that merge theory and practice through practical methodologies that facilitate learning and require rapid execution of activities that are efficient and effective, making the formality and analysis of the evidence is lost. Based on this we decided for this project that seeks to supplement grade both the technology and academia.

Hence the fundamental basis of this project is to carry out a manual and video and audio-visual support for the Development of the Materials Characterization Laboratory II, which serves as a guide in implementing practices to students, and as material work of the teacher.

This degree project has two parts a theoretical line which is an informative manual that contains the thirteen (13) test set out in the course of Characterization of Materials II, which included references to: objectives, usage, materials, procedures, calculations, formats and rules for laboratories, also took place thirteen (13) videos that gather the practical implementation of these laboratories and have to serve as a teaching tool for students and professionals who need a visual aid for performing tests of materials commonly used in the exercise of our profession.

* Draft Grade Method: Research Work

** Faculty of Physical – Mechanical. School of Civil Engineering. Ing. Ms.c Hebenly Celis Leguizamo.

INTRODUCCION

Al momento de determinar nuestras vidas en el marco de una carrera como la Ingeniería Civil, descubrimos la importancia de convertirnos en profesionales integrales, cuyos conocimientos puedan proyectarse a las necesidades de la sociedad. Esa participación social, me hace entender la relevancia de la academia y aún mas evidencia la importancia de experimentar, a través de la realización de los laboratorios los cuales nos permitirán entender el comportamiento de los materiales y hacer diversas pruebas sobre estos y con estos. Ese proceso de experimentación nos permitirá asegurar en el ejercicio de nuestra profesión la calidad de un proyecto de construcción, atravesando las barreras de la teoría y obteniendo desde el aprendizaje la capacidad e escoger materiales de excelente calidad y comportamiento.

Este trabajo incluye una invitación a concientizarnos de nuestro rol como ingenieros civiles y a entender que en el momento de la ejecución de una obra, esta se conforma de procesos, actividades vistas como acciones humanas y tareas que se unen dando como resultado un producto, que en su mayoría será de servicio a la comunidad, fortaleciendo la importancia para el estudiante y para el ingeniero de familiarizarse con la ejecución de ensayos de laboratorio y prepararse en el control de calidad de materiales de construcción.

Por esta razón este trabajo busca crear un documento que sirva de guía y apoyo tanto desde el marco teórico, a través de un manual escrito en la caracterización física y mecánica de los materiales de construcción utilizados en el ejercicio de nuestra profesión siendo soporte para el estudiante y para el profesional, brindando una explicación detallada de cada ensayo, realizado en los laboratorios y reforzando esta explicación en el marco practico con la visualización practica a través de los videos de cada uno de los laboratorios.



Este proyecto es el resultado de un proceso de investigación, que invita a estudiantes y profesionales a desarrollar sus campos de estudio a la par de los avances tecnológicos y con el uso de herramientas creativas que logran el objetivo principal que es el aprendizaje y la materialización del mismo, la UIS nos brinda un sinnúmero de herramientas tanto humanas como tecnológicas para nuestro proceso estudiantil, igualmente este trabajo reúne estas herramientas para convertirse en un elemento didáctico que permita al ingeniero en potencia crear, comprender y asumir los diferentes retos con conocimiento y organización en especial para aquellos que ejerzan en el campo de la construcción lo hagan de una manera responsable, eficiente y eficaz.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Crear un material de ayudas audiovisuales para el desarrollo del laboratorio de caracterización de materiales II como apoyo para la realización de pruebas y ensayos requeridos, que nos permita familiarizarnos con la identificación física y mecánica de los materiales de construcción utilizados en el contexto de las obras, mediante el reconocimiento de las características propias de los mismos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaboración de un documento escrito y audiovisual mediante el cual se muestre la metodología para la ejecución del laboratorio de caracterización de materiales II.
- Inspección, clasificación y análisis de la información bibliográfica que pueda ser un aporte para el proyecto.
- Elaboración de formatos base para la presentación de informes de los ensayos contenidos en la materia caracterización de materiales II.
- Presentación de material visual complementario, que servirá de apoyo en la realización de los ensayos más complejos de la materia.
- Elaboración de recomendaciones generales de mejoramiento en la metodología de enseñanza-aprendizaje para las prácticas de esta materia.

1. LA IMPORTANCIA DE LAS AYUDAS AUDIO-VISUALES

Desde hace algunos años se han venido adelantando algunas teorías con relación al papel que desempeñan las ayudas Audiovisuales en el proceso de enseñanza, teniendo en cuenta que estas herramientas a la par de los avances tecnológicos irán haciendo su aparición y fortaleciendo su papel en diversas áreas.

Los Psicólogos educadores y especialistas en medios de comunicación siguen investigando y se hallan constantemente empeñados en el desarrollo de nuevas teorías sobre el aprendizaje y la enseñanza que obligarán a un cambio radical en el uso de los materiales Audio-Visuales.

Pero la idea no es tener ayudas audiovisuales por hacer más bonito y/o más fácil el proceso de enseñanza y aprendizaje, al contrario la verdadera razón de ser del empleo de estos materiales es confirmar y ampliar las estadísticas que determinan que el destinatario de un mensaje, recuerda del 30 al 35% de lo que ve y del 10 al 15% de lo que oye. De modo que, lo mejor es combinar oído y vista .

Estos datos han sido el resultado de muchos estudios de investigación para evaluar la eficacia de las ayudas educativas en el proceso de la enseñanza y del aprendizaje. Los estudios pusieron de manifiesto que el empleo de materiales Audio-Visuales representa una serie de beneficios, que van desde despertar el verdadero interés del estudiante, fortaleciendo el conocimiento y arraigándolo en el saber del estudiante.

Pero como ya mencionamos el valor de cualquier ayuda educativa empleada sola o en combinación con otros elementos didácticos, dependerá de la Capacidad del Educador. Pues es su papel no solo suministrar conocimientos, sino además interpretar cómo la gente aprende y cómo debe ser enseñada.



Para lograr una lectura adecuada y por ende una enseñanza idónea, tendrá que conocer las características propias de cada alumno - Trabajador en la asimilación del conocimiento, practicar una filosofía de la enseñanza cuidadosamente analizada y aprender a familiarizarse con aquellas particularidades ambientales del aula o del taller que estimulan grandemente el aprendizaje.

No existen fórmulas secretas ni guías a las cuales puedan recurrir los educadores, ni los estudiantes para determinar cuándo deben utilizar un dibujo, un modelo, una serie de diapositivas o un equipo mecánico para la instrucción, así como no debe existir un guion o un procedimiento que sea camisa de fuerza a la hora de elaborar un proceso, pero si deben existir guías, herramientas y/o ayudas que permitan escoger la opción más acorde a las necesidades.

Por estas razones la elección dependerá del tema que se ha de enseñar, de la capacidad y conocimiento de los alumnos - trabajadores para asimilarlo y de la utilidad que proporcionen los materiales de que se disponga, siendo de alguna manera discrecional del aprendiz (puede ser estudiante, educador o profesional) el uso de las ayudas que considere permitirán un mejor trabajo.

Tal y como se refleja en nuestro Proyecto, puesto que lograr los videos que complementan este marco teórico, no habría sido posible de no haber realizado detalladamente los laboratorios y haber entendido las diferentes dificultades que se pueden presentar en su realización, este conocimiento permitió la elaboración de un trabajo en lenguaje sencillo que permitirá al estudiante familiarizarse con la ejecución de los experimentos y resolver posibles inconvenientes que se presenten.



2. MATERIALES

2.1 Historia.¹

Los materiales son las sustancias que componen cualquier cosa o producto. Desde el comienzo de la civilización, los materiales junto con la energía han sido utilizados por el hombre para mejorar su condición. Las primeras edades en las que se clasifica nuestra historia llevan sus nombres de acuerdo al material desarrollado y que significó una época en nuestra evolución. La edad de piedra con las primeras herramientas y armas para cazar fabricadas en ese material, la edad de bronce en la que se descubre la ductilidad y multiplicidad de ese material, seguida de la edad de hierro en la que este reemplaza al bronce por ser un material más fuerte y con más aplicaciones, etc.

Los productos de los que se ha servido el hombre a lo largo de la historia para mejorar su nivel de vida o simplemente para subsistir han sido y son fabricados a base de materiales, se podría decir que estos están alrededor de nosotros estemos donde estemos. De ellos depende en parte nuestra existencia. Hay muchos más materiales de los que utilizamos día a día, los que vemos en las ciudades o los que utilizamos en nuestro quehacer diario.

2.2 Descripción de materiales utilizados en la construcción colombiana a lo largo de la historia

En general los materiales de construcción se pueden clasificar en tres grupos: primitivos (fáciles de conseguir en la naturaleza) tales como ramas, cañas, hierbas, hojas, etc., los tradicionales (que requieren de una fabricación más o menos compleja), como mármol, ladrillo, baldosas, metal, vidrio, etc. y los modernos (sustancias relativamente nuevas) como el acero, madera contrachapada, plásticos, materiales cerámicos avanzados, etc.

¹ Materiales y construcción [en línea]. Santa Fe de Bogotá: Biblioteca Luis Ángel Arango, 2009. [Consultado 18 de Octubre, 2009]. Disponible en Internet: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/ayudadetareas/matcon/matcon0.htm>

En la historia de la ingeniería y la arquitectura en Colombia se ha utilizado una gran variedad de materiales. Sin embargo se han saltado etapas, o no se han desarrollado de manera adecuada, lo que ha hecho que la estética de las ciudades sea muy disímil o permanezca por tiempo prolongado igual, mientras que en el mundo cambia. Aunque con el paso de los años esta imagen está cambiando, se está tomando conciencia de la importancia de la estética de la ciudad y lo favorable que es para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

2.3 Clasificación de los materiales en función de su naturaleza

Materiales naturales:

Los materiales naturales son los que (en estado bruto, o sujetos a un proceso de purificación) existen en la naturaleza (por ejemplo: hierro, madera, cobre, petróleo, agua, mármol, arena, etc.).

Materiales artificiales:

Los materiales artificiales son los producidos por el hombre, partiendo de materiales naturales (por ejemplo: el papel, el bronce, el latón, el vidrio, la cerámica, etc.). Entre los artificiales podemos señalar a los sintéticos

2.4 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

2.4.1 Características de los materiales de construcción²

Los materiales de construcción se emplean en grandes cantidades, por lo que deben provenir de materias primas abundantes y baratas. Por ello, la mayoría de los materiales de construcción se elaboran a partir de materiales de gran disponibilidad como arena, arcilla o piedra. Además, es conveniente que los procesos de manufactura requeridos consuman poca energía y no sean excesivamente elaborados.

² BARBARA ZETINA, F. Materiales y procedimientos de construcción. México: Herrero, 1982

Los materiales de construcción tienen como característica común el ser duraderos. Dependiendo de su uso, además deberán satisfacer otros requisitos tales como la dureza, la resistencia mecánica, la resistencia al fuego, o la facilidad de limpieza. Por norma general, ningún material de construcción cumple simultáneamente todas las necesidades requeridas: la disciplina de la construcción es la encargada de combinar los materiales para satisfacer adecuadamente dichas necesidades.

2.4.2 Clasificación de los materiales de construcción³

Materiales pétreos: (del latín Petreus; Pedregoso) son aquellos materiales inorgánicos, naturales o procesados por el hombre que derivan de la roca o poseen una calidad similar a la de ésta, siendo usados casi exclusivamente en el sector de la construcción. Los pétreos corresponden a una de las formas de clasificación de los materiales en general. Estos pueden ser pétreos naturales extraídos directamente de la naturaleza o pétreos artificiales procesados e industrializados por el hombre.

Materiales aglomerantes: Se llaman materiales aglomerantes aquellos materiales que, en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas considerables.

Materiales metálicos: Tienen como característica una buena conductividad eléctrica y térmica, alta resistencia, rigidez, ductilidad. Son particularmente útiles en aplicaciones estructurales o de carga. Las aleaciones (combinaciones de metales) conceden alguna propiedad particularmente deseable en mayor proporción o permiten una mejor combinación de propiedades.

Materiales orgánicos: Tienen como característica sus niveles de plasticidad y resistencia la hacen fácil de trabajar y su carácter aislante sólo tiene una

³ Las claves de la arquitectura. II elementos técnicos: constructivos y decorativos. Octubre 2009. Disponible en internet http://www.almendron.com/arte/arquitectura/claves_arquitectura/ca_02/ca_022/arquitectura_022.htm

contrapartida en el peligro de incendios. Entre los materiales orgánicos hallamos la madera, el corcho, las cañas, las cuerdas... La madera es el principal material constructivo en aquellas regiones en las que la piedra escasea.

Materiales plásticos: los últimos en introducirse en el campo de la arquitectura. Son sustancias de origen generalmente orgánico, producidas por medios químicos, capaces de adquirir forma por el calor y la presión, conservándola después y alcanzando elevados niveles de resistencia mecánica.

2.5 Materiales estudiados en laboratorio

2.5.1 Agregados⁴

Definición

Un agregado es cualquier material duro e inerte formado por fragmentos clasificados en una amplia gama de tamaños, que se mezcla con un material cementante para formar concreto o un material similar. Este término puede referirse también a cualquier masa de fragmentos minerales semejantes que se emplea, con o sin aglomerante, en muchas formas, inclusive en algunas que incluyen la alteración física y química del agregado mismo.

Los agregados deben ser limpios, sin defectos, resistentes, durables y de calidad uniforme. No deben contener fragmentos blandos, pulverizables, delgados o laminados, así como tampoco sustancias deletéreas como álcalis, aceite, carbón mineral, mantillo o humus ni otra materia orgánica.

Los agregados pueden clasificarse en dos grupos: materiales naturales como la arena, la grava, la piedra triturada y la piedra pómez; y los materiales artificiales producidos por la trituración de escoria de alto horno o por la calcinación y trituración de arcillas o lutitas. Al segundo grupo pertenece la mayoría de los agregados ligeros.

⁴ HORNBOSTEL, Caleb. Materiales para Construcción. Tipos, usos y Aplicaciones. México: Limusa S.A, 2005.

2.5.1.1 Agregados finos

En los trabajos de construcción se emplean dos grados básicos de agregados, los finos y los gruesos. Los agregados finos están formados por partículas de 0.02 a ¼ de Pulg. (0.508 a 6.35 mm) de diámetro. Deben ser de forma razonablemente regular y no contener partículas planas y alargadas. El módulo de finura debe ser no menor de 2.3 ni mayor de 3.1. Los agregados finos que se usan con más frecuencia son la arena natural y la piedra, escuna y ceniza finamente trituradas.

2.5.1.2 Agregados Gruesos

Los agregados gruesos están formados por partículas de 1/4 pulg (6.35 mm) de diámetro y mayores. La grava, la roca triturada y la escoria de alto horno son de uso general. En algunas áreas se venden las colas o desechos de proceso como agregados. Estos desechos son generalmente tepetate procedente de explotaciones mineras. Frecuentemente se usa roca triturada para concreto reforzado y presforzado (esto es, concreto de alta resistencia) porque la resistencia a la compresión de la piedra puede determinarse con anticipación y permanece constante, mientras que la grava de los bancos contiene tipos diferentes de piedra con diferentes valores de resistencia.

2.5.2 Asfalto⁵

Definición

El asfalto puede describirse como un material cementoso sólido o semisólido, de color negro a café oscuro, formado principalmente por bitúmenes de origen natural que quedan como residuos en la destilación del petróleo. Se licua fácilmente por

⁵ HORNBOSTEL, Caleb. Materiales para Construcción. Tipos, usos y Aplicaciones. México: Limusa S.A, 2005.

aplicación de calor y se disuelve en destilados volátiles y no volátiles del petróleo y en aceites residuales. También puede emulsionarse con agua.

El asfalto es un potente material aglutinante al que no afectan la mayoría de los ácidos y álcalis. Se adhiere con facilidad, es altamente impermeable y durable. El asfalto se vende en formas que varían desde la sólida y frágil hasta la forma líquida casi acuosa.

Uso.

Los usos del asfalto en el campo de la construcción incluyen los materiales para techos y cubiertas laterales; pinturas, adhesivos y recubrimientos durables que son resistentes a los álcalis y a los ácidos; recubrimientos impermeabilizantes y protectores contra la humedad; fieltros comunes, y materiales en lámina y cartón hechos de distintas fibras e impregnados de asfalto; pisos flexibles; bloques para pavimentación de asfalto y en carreteras, banquetas, caminos y otros tipos de pavimentación. También se fabrican tubos para drenajes y desagües hechos de asfalto con una estructura fibrosa entretejida de refuerzo.

2.5.3 Concreto⁶

Definición.

El concreto es una mezcla de arena, grava, piedra triturada u otro agregado que se mantiene unida por una pasta endurecida de cemento y agua. Esta mezcla, cuando se dosifica correctamente, primero es una masa plástica que puede vaciarse o moldearse a tamaño y forma predeterminados.

Al ocurrir la hidratación del cemento por el agua, el concreto se convierte en un material de la naturaleza de la piedra, que tiene resistencia, dureza y durabilidad.

⁶ HORNBOSTEL, Caleb. Materiales para Construcción. Tipos, usos y Aplicaciones. México: Limusa S.A, 2005.



Se diferencia de otras mezclas de cemento, agua y agregado con base en el tamaño de este último. Cuando se mezcla cemento con agua y un agregado fino de menos de $\frac{1}{4}$ Pulg (6.35 mm), se obtiene una pasta que se conoce como mortero, estuco y revoque para aplanados.

Cuando se agrega al cemento un agregado mayor de $\frac{1}{4}$ Pulg (6.35 mm) de diámetro, agregado fino y agua, se obtiene lo que se conoce como concreto. Las características del concreto pueden variar en una amplia gama, dependiendo de las características de los ingredientes y de las proporciones de la mezcla. Las técnicas usadas para mezclar, colocar, acabar y curar pueden afectar también la calidad del concreto.

Uso.

La construcción de concreto, en la que se utiliza concreto simple, reforzado y presforzado, dependiendo del uso final en particular, tiene un papel de primera importancia en el campo de la construcción. Se emplea para pilotes, zapatas, muros de cimentación y de contención, miembros estructurales, pisos, paredes y techos y para áreas pavimentadas en caminos, carreteras, lotes de estacionamiento, banquetas y pasillos para autos. El concreto también se prefabrica en varios tipos de bloques, cubiertas, columnas, vigas comunes y maestras, piedra artificial, loseta para techos y pisos, etc.

Entre otros tipos importantes de la construcción de concreto pueden mencionarse las carreteras, las pistas de aterrizaje, los diques, muelles, rompeolas, puentes, barcos, tanques y tuberías.

2.5.4 Suelos

Definición

Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan.⁷

Una definición más amplia sobre los suelos y que engloba el conjunto de sus propiedades es, considerar como suelo todos los pequeños fragmentos sueltos de minerales o de rocas, definición en la que están incluidos las arenas de la playa, las rocas trituradas y los suelos que dan vida a los vegetales. Cada uno de estos minerales presentara diferencias con respecto a propiedades físicas determinadas, tales como el grado de variación de volumen cuando son sometidos a una carga, la tendencia a hincharse y aumentar el volumen cuando se humedecen o la velocidad con que se desplaza el agua al atravesar la unidad de sección transversal. Teniendo en cuenta estas circunstancias, se ha preparado una listas de propiedades físicas adecuada para valorar las cualidades de los restos sueltos de las rocas, desde el punto de vista de la ingeniería, independientemente de su contenido de materia orgánica. Resulta así que un agregado de trozos sueltos de roca o de minerales puede ser clasificado a base de sus propiedades de resistencia o de sus propiedades hidráulicas pudiendo cada uno de ellos ser considerando como un suelo diferente.⁸

Aunque estas definiciones son desde una perspectiva de la ingeniería civil, el termino suelo también es interpretado desde otras ciencias, como son la agronomía y la geología.

⁷ Carlos Crespo Villalaz. Mecánica de Suelos y Cimentaciones.

⁸ E.C. Dapples. Geología Básica en Ciencia e Ingeniería.



REFERENCIAS

- Materiales y construcción [en línea]. Santa Fe de Bogotá: Biblioteca Luis Ángel Arango, 2009. [Consultado 18 de Octubre, 2009]. Disponible en Internet:
<http://www.lablaa.org/blaavirtual/ayudadetareas/matcon/matcon0.htm>.
- BARBARA ZETINA, F. Materiales y procedimientos de construcción. México: Herrero, 1982.
- Las claves de la arquitectura. II elementos técnicos: constructivos y decorativos. Octubre 2009. Disponible en internet
http://www.almendron.com/arte/arquitectura/claves_arquitectura/ca_02/ca_022/arquitectura_022.htm.
- HORNBOSTEL, Caleb. Materiales para Construcción. Tipos, usos y Aplicaciones. México: Limusa S.A, 2005.
- Carlos Crespo Villalaz. Mecánica de Suelos y Cimentaciones.
- E.C. Dapples. Geología Básica en Ciencia e Ingeniería.

3 . CARACTERIZACION DE COMPORTAMIENTO MECANICO



3.1 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ. (INV E-414-07)

Introducción

Comportamiento de los materiales sometidos a la flexión si las fuerzas actúan sobre una pieza de material de tal manera que tiendan a inducir esfuerzos compresivos sobre una parte de una sección transversal de la pieza y los esfuerzos tensivos sobre la parte restante, se dice que la pieza está en flexión la ilustración común de la acción flexionante es una viga afectada por cargas transversales ; la flexión puede también causarse por momentos tales como, por ejemplo, los que pueden resultar de cargas excéntricas paralelas al eje longitudinal de una pieza.

3.1.1 Objetivo

Establecer el procedimiento que se debe seguir para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, por medio del uso de una viga simple cargada en los tercios de la luz.

3.1.2 Se usa

Verificar que el material a ensayar falle por corte o deflexión lateral, antes de alcanzar su última resistencia a la flexión.

Como control de campo y aceptación de algunos pavimentos, y su modulo de rotura.

3.1.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes:

- VIGA

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 3.1.3- 1

Material aislante (Grasa ó Aceite)



Foto 3.1.3- 2

Materiales para elaboración de la Probeta (Cemento, Agregado Fino, Agregado grueso y Agua).



Foto 3.1.3- 3

Molde para Viga



Foto 3.1.3- 4

Palustre



Foto 3.1.3- 5

Probeta

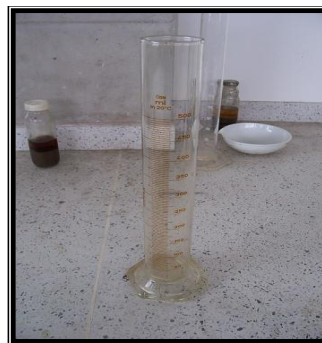


Foto 3.1.3- 6

Recipiente para Mezclar



Foto 3.1.3- 7

Varilla Compactadora



Foto 3.1.3- 8

- FALLAR LA VIGA

Maquina de Ensayo



Foto 3.1.3- 9

3.1.4 Procedimiento

Preparación de la Viga

Primero determinamos las cantidades de los materiales que van a componer a la viga (agua, agregado fino, cemento y agregado grueso), ya que esto depende de la resistencia última que se busca para el concreto. Calculamos el volumen de la viga a ensamblar y como ya conocemos la cantidad estándar para 1 m³ de concreto (Tabla 3.1.4-1), podremos obtener las cantidades necesarias con una regla de tres simple.

1 m ³ de Concreto	
Agua	200 Kg
Cemento	377 Kg
Agregado Fino	754 Kg
Agregado Grueso	1056 Kg

Tabla 3.1.4- 1



Foto 3.1.4- 1

Una vez pesado y puesto aparte cada material se continúa con la preparación del molde de la viga recubriendo con una capa de material aislante (aceite mineral o grasa) dentro de este con el fin facilitar su desmonte e impedir la adherencia.



Foto 3.1.4- 2

Ahora se vierte el agregado fino sobre el recipiente para muestreo y mezcla, haciendo un hoyo en su centro donde seguidamente se verterá el cemento y se mezclará de tal manera que quede lo más homogéneo posible. De igual forma se hace un hoyo en el centro de la mezcla de agregado fino y cemento y se vierte el agregado grueso mezclando o mas homogéneamente posible.



Foto 3.1.4- 3



Foto 3.1.4- 4

Luego tomamos la cantidad de agua calculada para el diseño de la viga y la vamos vertiendo al igual que la vamos mezclando, este proceso se terminara hasta que la apariencia de la mezcla sea lo más homogéneo posible.



Foto 3.1.4- 5

Luego usaremos el método de compactación por medio de la varilla, según la tabla 1 y 2 (INV E-402) se difunde el concreto sobre la viga en 2 capas iguales precedida cada una de 32 golpes con la varilla compactadora en su interior y con el martillo de caucho golpeamos los lados del molde para sacar las burbujas de la mezcla.

Número de Capas de Llenado para Elementos Prismáticos de Hormigón (Fuente: INV E-414-07).

Prismas y cilindros para creep creep horizontal espesor, mm (pul.)		
Tamaño	Método	# capas
Hasta 200 (8)	apisonado	2
Más de 200 (8)	apisonado	3 o más
Hasta 200 (8)	vibración	1
Más de 200 (8)	vibración	2 o más

Tabla 3.1.4- 2

Apisonado de Vigas de hormigón
(Fuente: INV E-414-07)

VIGAS Y PRISMAS		
Área de la superficie superior de la muestra en cm ² (pulgadas ²)	Diámetro de la varilla en mm (pulgada)	Número de golpes por capa
160 (25) o menos	10 (3/8)	25 golpes
165 (26) a 310 (49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de área.
320 (50) o más	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de área.

Tabla 3.1.4- 3



Foto 3.1.4- 6



Foto 3.1.4- 7

Ahora enrazamos con la espátula y colocamos la viga en un lugar fresco y seco entre 24 y 48 horas con temperatura entre 16 y 27 °C, una vez terminado el fraguado se desmonta la probeta y la colocamos en agua durante 7, 14 o 28 según el día de su prueba a flexión.



Foto 3.1.4- 8



Foto 3.1.4- 9

Fallar la Viga

Pasado el tiempo al cual decidimos probar nuestro cilindro, lo sacamos del agua y lo limpiamos superficialmente.

Tomando como referencia la posición como fue vaciada la probeta, gírela 90° sobre su eje longitudinal. Se centra el sistema de carga con relación a la fuerza aplicada. Monte la viga sobre los bloques de apoyo, ahora coloque los bloque superiores de aplicación de carga.



Foto 3.1.4- 10

Al colocar la viga sobre los bloques de apoyo y al colocar los bloques de aplicación de carga se determina que esta toda su superficie en contacto con estos. Si hay más de 25 mm (1") sin contacto se elaboran molde de cuero o se pule la superficie de la viga para eliminar vacios entre estas y los apoyos.



Foto 3.1.4- 11

Ahora se aplica la carga continua sin sobre saltos a un delta de incremento entre 0.9 (MPa/min) y 1.2 (MPa/min), hasta que ocurra la rotura.



Foto 3.1.4- 12



Foto 3.1.4- 13

3.1.5 Cálculos

Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P l}{b d^2}$$

- R = módulo de rotura KPa (psi) ,
- P = máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo N(lbf),
- L = longitud libre entre apoyos mm,(Pulg),
- b = ancho promedio de la muestra mm,(Pulg), y
- d = altura promedio de la muestra mm,(Pulg), incluyendo el espesor refrentado, si corresponde.

Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = \frac{3 P a}{b d^2}$$

- a = distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la zona de tensión de la viga, mm.

Si la fractura ocurre en la zona de tensión y fuera del tercio medio de la luz libre en más del 5% de la luz libre, no se deberán tener en cuenta los resultados del ensayo.



3.1.6 Informe

- Número de identificación de la muestra.
- Ancho promedio, con una precisión de 1.0 mm (0.05").
- Altura promedio, con una precisión de 1.0 mm (0.05").
- Longitud de la luz, en mm (Pulg).
- Máxima carga aplicada en N (lbf),
- Módulo de rotura calculado con una precisión de 0.05 MPa (5 psi).
- Datos relativos al curado y condición de humedad aparente en el momento del ensayo.
- Datos relativos al pulimento, refrentado, o uso de láminas de cuero.
- Defectos del espécimen.
- Edad del espécimen.



REFERENCIAS

- ASTM C 78 – 02 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).
- AASHTO T 97 – 03 Standard Method of Test for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).
- NTC 2871:2004 Método de Ensayo para Determinar la Resistencia del Concreto a la Flexión (Utilizando una Viga Simple con Carga en los Tercios Medios).

3.2 ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA DE CILINDROS NORMALES DE CONCRETO (NTC 722).

Introducción

El ensayo de tracción indirecta reproduce el estado de tensiones en la fibra inferior de la probeta o zona de tracción. Es un método práctico y sencillo para caracterizar las propiedades de las mezclas o evaluar el fallo provocado por tensiones de tracción y determinar su resistencia.

3.2.1 Objetivo

Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento de ensayo de tracción indirecta de cilindros normales de concreto (diámetro = 150 ± 3 mm y longitud = 300 ± 6 mm).

3.2.2 Se usa

Para evaluar la resistencia a una carga axial de tracción del material o mezcla con la cual se realizó la probeta.

3.2.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes:

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 3.2.3- 1

Material Aislante (Grasa ó Aceite)



Foto 3.2.3- 2

Materiales para elaboración de la probeta (Cemento, Agregado Fino, Agregado grueso y Agua).



Foto 3.2.3- 3

Molde del Cilindro



Foto 3.2.3- 4

Palustre



Foto 3.2.3- 5

Probeta



Foto 3.2.3- 6

Recipiente para Mezclar



Foto 3.2.3- 7

Varilla Compactadora



Foto 3.2.3- 8

- FALLAR LA PROBETA

Listones de Apoyo de Madera



Foto 3.2.3- 9

Maquina de Ensayo

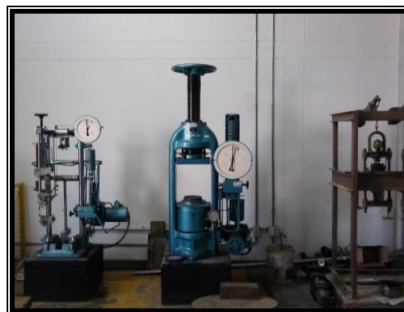


Foto 3.2.3- 10

3.2.4 Procedimiento

Probeta

Elaboramos la probeta cilíndrica de concreto, la cantidad de cemento, agua, agregados finos y gruesos, dependen de la resistencia ultima que se requiera obtener. Calculamos el volumen de nuestro cilindro y como ya conocemos la cantidad estándar para 1 m³ de concreto (Tabla 3.2.4-1), podremos obtener la cantidad necesaria para nuestra probeta con una regla de tres simple.

1 m ³ de Concreto	
Agua	200 Kg
Cemento	377 Kg
Agregado Fino	754 Kg
Agregado Grueso	1056 Kg

Tabla 3.2.4- 1



Foto 3.2.4- 1



Foto 3.2.4- 2

Una vez conocida la cantidad de material (agua, cemento, agregados finos y gruesos) lo pesamos y separamos en fracciones. El molde del cilindro debemos recubrirlo con un material aislante (aceite mineral o grasa), para facilitar el desencofrado.



Foto 3.2.4- 3

Ahora se vierte el agregado fino sobre el recipiente para muestreo y mezcla, haciendo un hoyo en su centro donde seguidamente se verterá el cemento y se mezclará de tal manera que quede lo más homogéneo posible. Igualmente se hará con el agregado grueso, haciendo un hoyo en el centro a la mezcla de agregado fino y cemento.



Foto 3.2.4- 4



Foto 3.2.4- 5

Luego vertimos la cantidad de agua calculada, hasta que la apariencia de la mezcla sea lo más homogénea posible. Cuando la mezcla de la apariencia requerida la agregaremos al molde en 3 (Tabla 3.2.4-2) capas iguales y cada capa se compactara con 25 golpes (Tabla 3.2.3-3).



Foto 3.2.4- 6



Foto 3.2.4- 7

Número de Capas de Llenado para Cilindros de Concreto (Fuente: Norma Icontec 550)

Cilindros, Diámetro mm (pul.)		
Tamaño	Método	# capas
75 a 100 (3 a 4)	Apisonado	2
150 (6)	Apisonado	3
225 (9)	Apisonado	4

Tabla 3.2.4- 2

Apisonado de Cilindros de hormigón (Fuente: Norma Icontec 550)

CILINDROS		
Diámetro del cilindro en mm (pulgadas ²)	Diámetro de la varilla en mm (pulgada)	Número de golpes por capa
50 (2) a < 150 (6)	10 (3/8)	25 golpes
150 (6)	16 (5/8)	25 golpes
200 (8)	16 (5/8)	50 golpes
250 (10)	16 (5/8)	75 golpes

Tabla 3.2.4- 3



Listas las 3 capas de la mezcla, enrazamos el molde con una espátula y lo dejamos en un lugar fresco durante 16 horas, como mínimo, una vez terminado el fraguado lo desencoframos y lo sumergimos en agua durante 7, 14, y 28 días, según el día que deseemos realizar el ensayo.



Foto 3.2.4- 8



Foto 3.2.4- 9

Fallar la Probeta

Pasado el tiempo al cual decidimos probar nuestro cilindro, lo sacamos del agua y lo limpiamos superficialmente.



Foto 3.2.4- 10

Se coloca uno de los listones de madera a lo largo del centro de la placa inferior y se pone el cilindro sobre el listón de tal manera el punto de tangencia este centrado sobre la lamina de apoyo, luego se pone el otro listón sobre el cilindro, procurando que queden bien alineados.



Foto 3.2.4- 11



Foto 3.2.4- 12

Ahora se debe ajustar la máquina manualmente para que haga contacto con el listón de la parte superior, para luego encenderla.



Foto 3.2.4- 13



Foto 3.2.4- 14

Finalmente encendemos la maquina que aplicará la carga de manera lenta y constante hasta que se presente la falla en el cilindro. Debemos obtener el dato de la carga final con la cual el cilindro falló y además observar el tipo de falla que se produjo para efectos de cálculo e interpretación de resultados.



Foto 3.2.4- 15



Foto 3.2.4- 16

3.2.5 Cálculos

El esfuerzo de tracción indirecta del cilindro se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{2P}{\pi L d}$$


- T = Esfuerzo de tracción indirecta, kPa (lb/pulg²).
- P = Carga máxima indicada por la máquina de ensayo, kN (lbf).
- L = Longitud del cilindro, m (pulg).
- d = Diámetro del cilindro, m (pulg).

3.2.6 Informe

- Identificación del cilindro.
- Diámetro y longitud
- Carga máxima, kN (lbf)
- Edad del cilindro
- Esfuerzo de tracción indirecta, calculado con aproximación a 35 kPa (5 lb/pulg²).



ANEXO# 2 (FORMATO)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARACTERIZACION DE MATERIALES II
 ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA DE
 CILINDROS NORMALES DE HORMIGÓN.
 NTC 722

Elaborado Por: _____
 Fecha: _____

A B= A/área C=B*14,2232

Identificación Probeta	Fecha de fundición			Fecha de ruptura			Edad muestra	Resistencia ultima	Esfuerzo	Ultimo
Numero	Año	Mes	Día	Año	Mes	Día	Días	Kg	Kg/ cm ²	Psi

$$\sigma (Psi) = X \frac{kgf}{cm^2} \times \frac{2.2046 lbf}{1 kgf} \times \frac{1 cm^2}{0.1550 pulg.^2} = X \frac{lbf}{pulg.^2} (Psi)$$

Forma de la Probeta _____ Diámetro (cm) _____ Longitud (cm) _____

constante
14,2232

Observaciones

REFERENCIAS

- ASTM C 496 – 096 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 198 – 02 Standard Method of Test for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- NTC 722. Concreto. Método de Ensayo para Determinar la Resistencia a la Tensión Indirecta de Especímenes Cilíndricos de Concreto.
- I.N.V. E – 411 – 07 Ensayo de Tracción Indirecta de Cilindros Normales de Concreto.
- I.N.V. E – 722 – 07 Determinación de las Propiedades de Rotura de los Ligantes Asfálticos en el ensayo de Tracción Directa.

3.3 ENSAYO VISCOSIDAD DEL ASFALTO MEDIANTE VISCOSÍMETROS CAPILARES DE VACÍO. (INV E-716-07)

Introducción

Para caracterizar a los asfaltos es necesario conocer su consistencia a distintas temperaturas, puesto que son materiales termoplásticos que se licúan gradualmente al calentarlos. Consistencia es el término usado para describir el grado de fluidez o plasticidad del asfalto a cualquier temperatura dada. Para poder comparar la consistencia de un cemento asfáltico con la de otro, es necesario fijar una temperatura de referencia.

Si se expone al aire el cemento asfáltico en películas delgadas y se le somete a un calentamiento prolongado, como por ejemplo en las mezclas con agregado pétreo, el asfalto tiende a endurecerse y aumentar su consistencia. Se permite un aumento limitado de ésta, por lo cual un control no adecuado de la temperatura y del mezclado puede provocar un daño al cemento asfáltico, tanto como el servicio en el camino terminado.

Comúnmente, para especificar y medir la consistencia de un asfalto para pavimento, se usan ensayos de viscosidad.⁹

Esta prueba se realiza a emulsiones, rebajados y cementos asfálticos. Sirve para conocer la dificultad de un producto asfáltico a pasar por un orificio de características especificadas.

⁹ **INGENIERIA CIVIL** . Blog para compartir apuntes, libros, programas de interés a estudiantes de Ingeniería Civil (UNNE). Octubre 2009. Disponible en internet. <http://ingenieria-civil2009.blogspot.com/2009/04/asfaltos-especificaciones-tecnicas.html>.

3.3.1 Objetivo

Describir el procedimiento para determinar la viscosidad del asfalto (bitumen), con viscosímetros capilares de vacío a 60° C (140° F). Se aplica a materiales que tengan viscosidades en el rango de 0.0036 a 20000 Pas (0.036 a 200000 Poises).

3.3.2 Se usa

Para requerimientos específicos de asfaltos líquidos y cementos asfálticos.

3.3.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Baño para el viscosímetro a 60°C y sistema vacío.



Foto 3.3.3- 1

Horno



Foto 3.3.3- 2

Muestra de Asfalto



Foto 3.3.3- 3

Viscosímetro de vacío Koppers Modificado

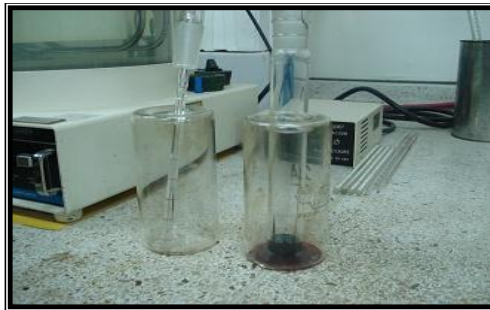


Foto 3.3.3- 4

3.3.4 Procedimiento

Primero tomamos el material bituminoso que vamos a utilizar en el ensayo y lo calentamos en el horno a 135°C , mínimo deben ser 20ml sino se podrían presentar calentamientos locales.

Colocamos la muestra de material dentro del viscosímetro, el asfalto debe ir hasta su línea de marca inicial (2 ml hasta la línea de llenado E).

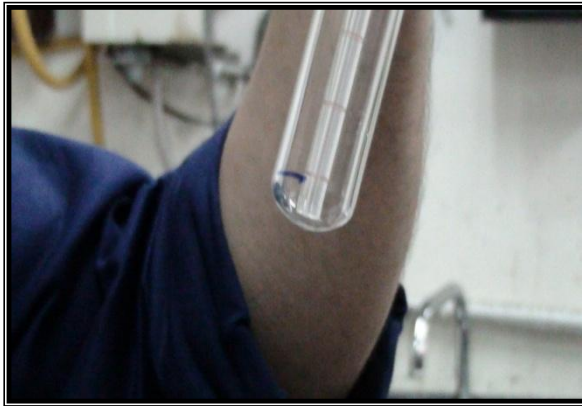


Foto 3.3.4- 1



Foto 3.3.4- 2

Luego se tapa el viscosímetro y se coloca sobre el baño a una temperatura de 60 ± 0.03 °C durante 30 minutos.

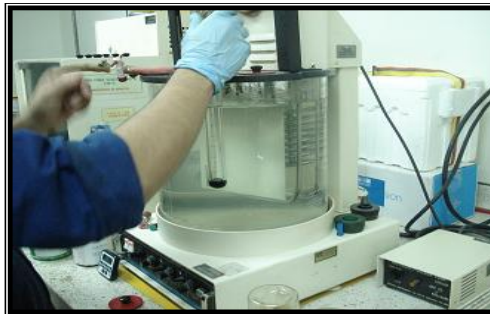


Foto 3.3.4- 3

Se establece un vacío de 40.0 ± 0.07 KPa (300 ± 0.5 mm de Hg) con el sistema de vacío, y se conecta al viscosímetro.

Después que el viscosímetro ha estado 30 ± 5 min dentro del baño, se inicia el flujo del asfalto en el viscosímetro abriendo la válvula en la línea que conecta el sistema de vacío.

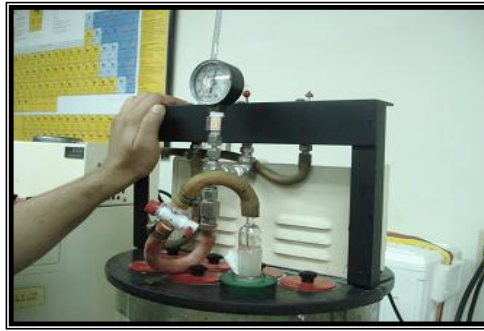


Foto 3.3.4- 4

Se abre la válvula de vacío y se toma el tiempo requerido para que el borde del menisco de asfalto pase entre los pares sucesivos de marcas. Se reporta el primer tiempo de flujo que sobrepase de 60s entre un par de marcas.



Foto 3.3.4- 5

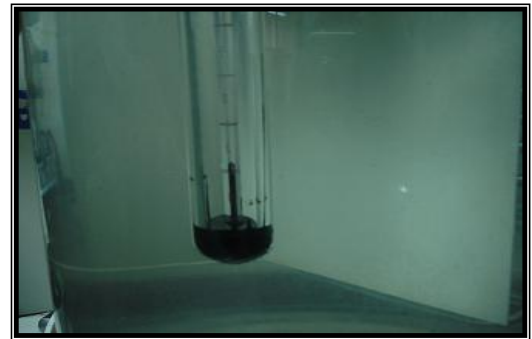


Foto 3.3.4- 6

3.3.5 Cálculos

Se selecciona el factor de calibración que corresponde a un par de marcas con determinación de tiempo, usadas en el ensayo. Se calcula y se reporta la viscosidad usando la siguiente ecuación:

$$\text{Viscosidad, Poises, } P = K \times t$$

Donde:

- K = factor de calibración seleccionado en poises/segundo, y
- t = tiempo de flujo, en segundos

Ó

$$\text{Viscosidad, Pa}\cdot\text{s,} = K \times t$$

Donde:

- K = factor de calibración seleccionado, Poises/s, y
- t = tiempo de flujo, en segundos (s).

3.3.6 Informe

- Indicar la Temperatura a la cual se realizo el ensayo.
- Informar el vacio, en Poises o P.a.s.



ANEXO# 3(FORMATO)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CARACTERIZACION DE MATERIALES II
ENSAYO DE VISCOSIDAD DEL ASFALTO MEDIANTE VISCOSIMETROS
CAPILARES DE VACIO
Normas INV E-716-07

Presento: _____

Fecha: _____
 D: M: A:

Marcas sucesivas	Factor K (Poisés/seg)	Tiempo Min	Tiempo Seg	Tiempo Cent	Tiempo Total (seg)	Viscosidad P (poises)
B-C						
C-D						
D-E						
E-F						
F-G						

Observaciones

REFERENCIAS

- AASHTO T 202- 03 Standard Method of Test for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer.
- ASTM D 2171- 01 Standard of Method Test for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer.
- IRAM 6836:1998 Asfaltos para uso vial. Determinación de la Viscosidad Utilizando Viscosímetros Capilares con Vacío.

3.4 MÓDULO DINÁMICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (INV E-754-07)

Introducción

Las mezclas asfálticas en caliente son las más empleadas en muchas partes del mundo, debido a su flexibilidad, duración, uniformidad, resistencia a la fatiga y economía entre otras características, generando por ende investigaciones y desarrollos para mejorar sus propiedades mecánicas y dinámicas. Muchas de los adelantos se han enfocado en el proceso constructivo de la conformación de las carpetas de rodadura, prueba de ello es la utilización de equipos costosos que mantienen la temperatura constante en el proceso de extendido y compactación.

Una de las variables principales en el diseño de las estructuras de pavimento son las propiedades mecánicas y dinámicas de las mezclas, resaltándose el módulo dinámico, el cual es función del esfuerzo y la deformación. El modulo complejo E , se define como la suma vectorial del modulo viscoso y el modulo elástico.

El modulo se puede expresar en forma exponencial o en forma general. El modulo complejo se caracteriza por un par de componentes¹⁰, la coordenada real que toma la parte elástica (eje x) y la coordenada imaginaria, representa el comportamiento viscoso (eje imaginario y).

A la magnitud del modulo complejo de una muestra asfáltica se le denomina modulo dinámico; este depende tanto del tiempo como de la temperatura, ya que proporciona información de cuanto se deforma el material bajo la acción de una carga dada y está relacionado al fisuramiento por fatiga, a la deformación permanente y a la propagación de una carga en una capa asfáltica, por tal razón es una de las propiedades más importantes de una mezcla asfáltica.

¹⁰ European Standard, Stiffness of Bituminous Mixtures.

3.4.1 Objetivo

Este método cubre procedimientos para preparar y ensayar mezclas asfálticas de pavimentos con el fin de determinar los valores del módulo dinámico. El procedimiento descrito cubre un amplio intervalo tanto de temperatura como de frecuencia de carga.

3.4.2 Se usa

Los valores del módulo dinámico se pueden emplear tanto para el diseño de la mezcla asfáltica como para el diseño del espesor de la capa de pavimento asfáltico.

3.4.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Máquina de ensayo

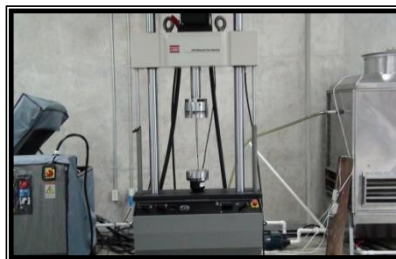


Foto 3.4.3- 1

Termómetro para control de temperatura



Foto 3.4.3- 2

Sistema de medida, Registrador, Medida de la deformación y Mediciones de la carga.



Foto 3.4.3- 3

3.4.4 Preparación de la muestra

Especímenes moldeados en el Laboratorio – Se preparan los especímenes moldeados en el laboratorio de acuerdo con la norma INV E – 753 "Preparación de Probetas de mezclas asfálticas para el ensayo del Módulo Dinámico". Los especímenes deberán tener una relación entre la altura y el diámetro de 2 a 1, un diámetro mínimo de 101.6 mm (4") y un diámetro de cuatro o más veces el tamaño nominal máximo de las partículas del agregado. Para el ensayo se requerirán un mínimo de tres especímenes.

Núcleos de pavimento – Para el ensayo de un pavimento en servicio se requiere un mínimo de seis núcleos. Se deben obtener núcleos con una relación mínima de altura-diámetro de 2 a 1 con diámetros no menores de dos veces el tamaño máximo nominal de una partícula del agregado. Se escogen núcleos que proporcionen una muestra representativa del tramo del pavimento que se está estudiando.

3.4.4.1 PREPARACION DE ESPECIMENES ASFALTICOS PARA EL ENSAYO DEL MODULO DINAMICO. (INV E-753-07).

3.4.4.1.1 Objetivo

Este método cubre la preparación de especímenes cilíndricos de mezclas asfálticas para ensayos del módulo dinámico. El método es propuesto para mezclas de concreto asfáltico densamente gradadas que contengan agregados hasta de 25.0 mm de tamaño máximo.

3.4.4.1.2 Equipo

- Dispositivo para moldear probetas
- Extractor de Probetas
- Martillo de Compactación
- Pedestal de Compactación
- Sujetador para el molde
- Elementos de calefacción

3.4.4.1.3 Especímenes de ensayo

Preparación de la mezcla – Se preparan aproximadamente 4000 g de mezcla asfáltica de acuerdo con la norma INV E – 748 o el método particular utilizado para diseñar la mezcla, para producir muestras de 100.0 mm de diámetro por 200.0 mm de altura.

Tamaño de los especímenes – Los especímenes cilíndricos deben tener 100.0 mm de diámetro por 200.0 mm de altura.

3.4.4.1.4 Procedimiento de Preparación

Temperatura de compactación – La temperatura de compactación para mezclas asfálticas deberá estar de acuerdo con la norma INV E – 748 si se está empleando el procedimiento de compactación Marshall o las temperaturas sugeridas dependiendo del tipo de equipo que se emplee.

Moldeo de especímenes – Se deben calentar los moldes de compactación hasta la temperatura especificada en la Sección anterior.

3.4.5 Procedimiento de Ejecución del Ensayo

Se colocan los especímenes de ensayo en una cámara de temperatura controlada y se llevan a la temperatura de ensayo especificada.

Se puede emplear un espécimen de referencia con un acople térmico en el centro, para determinar cuándo se alcanza la temperatura de ensayo deseada.



Foto 3.4.5- 1

Se coloca el espécimen dentro del aparato de carga y se conectan los alambres para medir la deformación. Se coloca el disco de acero endurecido sobre la parte superior del espécimen y se centran los dos bajo el aparato de carga. Se ajusta y calibra el sistema electrónico de medida.

Se aplica la carga sinusoidal sin impacto al espécimen y con una variación entre 0 y 241 kPa (35 lbs/pulg²) para cada aplicación de carga, durante un mínimo de 30 segundos, sin exceder de 45 segundos, a temperaturas de 5.25° y 40° C (41.77° y 104° F) y con frecuencias de carga de 1, 4 y 16 Hz para cada temperatura.

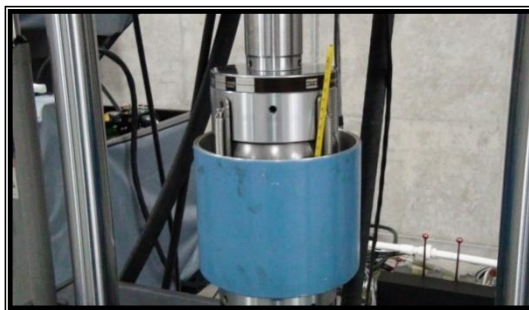


Foto 3.4.5- 2

Para especímenes de núcleos de pavimento, se ensayan seis especímenes una sola vez cada uno para cada condición de temperatura y de frecuencia. Se inicia con la temperatura más baja y se emplean tres frecuencias desde la más rápida hasta la más lenta. Se llevan los especímenes hasta la temperatura especificada antes de cada ensayo. Se repite para la siguiente temperatura de ensayo.

Para especímenes moldeados en el laboratorio, se ensayan tres especímenes de ensayo dos veces para cada condición de temperatura y frecuencia. Se efectúan los ensayos en el mismo orden que el del ensayo en núcleos de pavimento. Se efectúan los "segundos" ensayos antes de cambiar la temperatura, para las tres frecuencias. Se llevan los especímenes a la temperatura especificada antes de cada ensayo.

Se observa tanto el esfuerzo debido a la carga como la deformación axial durante el ensayo. Se aumenta la velocidad del registrador gráfico de tal manera que 1 ciclo cubra de 10 a 20 mm del gráfico para cinco a diez repeticiones antes de la conclusión del ensayo.

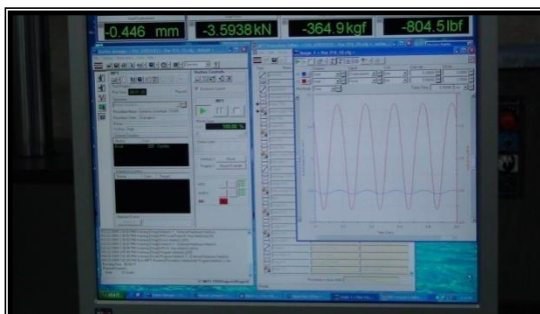


Foto 3.4.5- 3

3.4.6 Cálculos

Se mide la amplitud promedio de la carga y de la deformación durante los tres últimos ciclos de carga con aproximación a 0.5 mm.

$$\sigma_o = \frac{H_1 \times L}{H_2 \times A}$$

Donde:

- H_1 = altura medida de la carga, mm (pulg)
- H_2 = altura medida del gráfico, mm (pulg)
- L = amplitud de carga a escala completa determinada sobre el equipo de registro, según como se haya ajustado, N (o lbs).
- A = área de la sección transversal del espécimen de ensayo, m^2 (pulg²).

Se calcula la recuperación de la deformación axial, ϵ_o , así:

$$\epsilon_o = \frac{H_3 \times S}{H_4}$$

Donde:

- H_3 = altura medida de la deformación recuperada, mm (pulg)
- H_4 = altura medida del gráfico, mm (pulg, y
- S = amplitud a escala completa de la deformación determinada mediante asentamientos sobre el equipo de registro, mm/mm (pulg/pulg).

Se calcula el módulo dinámico, así:

$$\text{Módulo Dinámico} = \frac{\sigma_o}{\varepsilon_o}$$

Donde:

- σ_o = esfuerzo de la carga axial, kPa (lbs/pulg²), y
- ε_o = recuperación de la deformación axial, m/m (pulg/pulg).

Registro de carga y deformación (Fuente: Instituto Nacional de Vías, Norma INVIAS E-754-07).

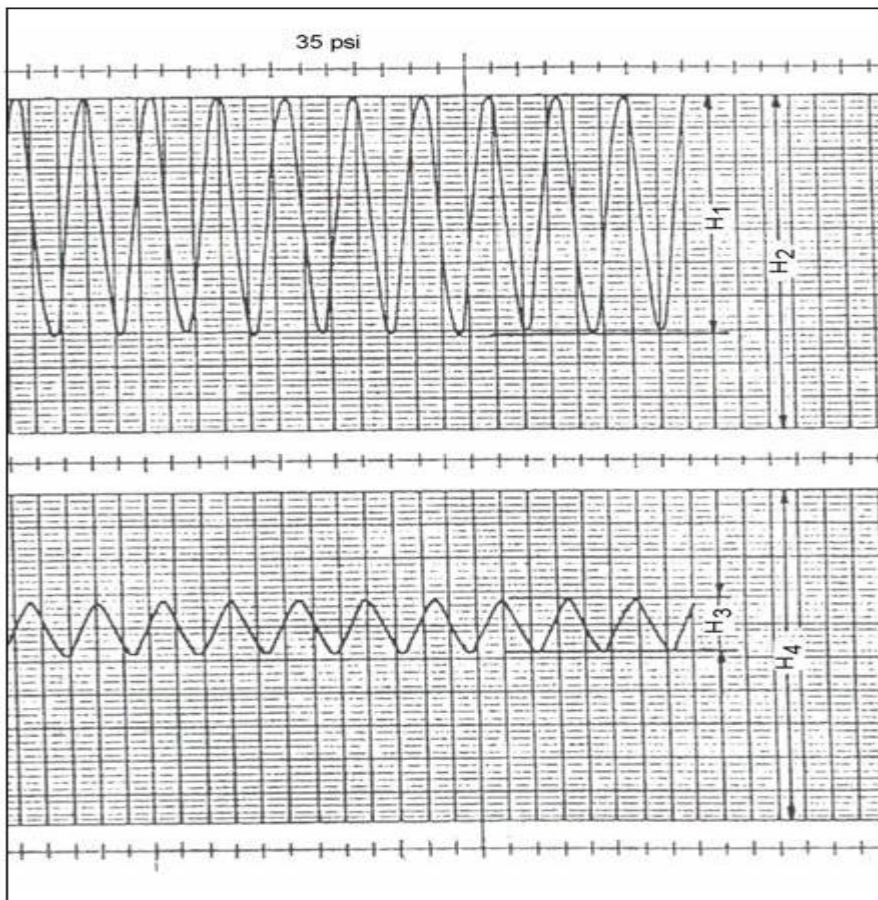


Figura 3.4.6- 1



3.4.7 Informe

Se reporta el módulo dinámico promedio para temperatura de 5°, 25° y 40° C (41°, 77° y 104° F) y frecuencias de carga de 1, 4 y 16 Hz para cada temperatura.



REFERENCIAS

- ASTM D 3497 – 97 (REPROBADA 1995) STANDARD TEST METHOD FOR DYNAMIC MODULUS OF ASPHALT MIXTURES.
- AASHTO TP 62 – 03 Standard Method of Test for Determining Dynamic Modulus of Hot-Mix Asphalt Concrete Mixtures.
- ASTM D 3496 – 99 DYNAMIC MODULUS TEST USING ASPHALT MIXTURE SAMPLE PREPARATION METHOD.
- AASHTO T 245 – 97 (2004) STANDARD METHOD OF TEST FOR RESISTANCE TO PLASTIC FLOW OF BITUMINOUS MIXTURES USING MARSHALL APPARATUS.
- NLT 159 RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE MEZCLAS BITUMINOSAS. APARATO MARSHALL.

4 . CARACTERIZACION DE GRANULARES

4.1 RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES. (INV E-218-07)

Introducción

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas en los cuales su importancia y su conocimiento son indispensables en el diseño de mezclas es la resistencia a la abrasión o al desgaste de los agregados.

Esta es importante porque con ella conoceremos la durabilidad y la resistencia que tendrá para la fabricación de losas, estructuras simples o estructuras que requieran que la resistencia del concreto sea la adecuada para ellas.

El ensayo que se aplicará da a conocer del agregado grueso el porcentaje de desgaste que este sufrirá en condiciones de roce continuo de las partículas y las esferas de acero. Esto nos indica si el agregado grueso a utilizar es el adecuado para el diseño de la mezcla.¹¹

4.1.1 Objetivo

Determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada maquina con una carga abrasiva.

4.1.2 Se usa

Como indicador de la calidad relativa o la competencia de diferentes fuentes de agregados pétreos de similares composiciones mineralógicas.

¹¹ NORMA TECNICA COLOMBIANA # 93. Determinación de la resistencia al desgaste de los tamaños mayores de agregado grueso utilizando la máquina de los ángeles.

4.1.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Balanza (Capacidad 15 Kg).



Foto 4.1.3- 1

Horno



Foto 4.1.3- 2

Tamices (Serie Guesa).



Foto 4.1.3- 3

Maquina de los Ángeles



Foto 4.1.3- 4

Carga Abrasiva (Esferas de acero).



Foto 4.1.3- 5

4.1.4 Procedimiento

Se tamiza el material, y se elige la gradación (Tabla 4.1.4-1) más parecida al agregado que se va a usar. Se separa la muestra en las fracciones indicadas en la tabla, de acuerdo con la granulometría elegida.



Foto 4.1.4- 1



Foto 4.1.4- 2

Las muestras de las diferentes fracciones se unen para la muestra de ensayo; se registra la masa de la muestra total.

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Masa de la muestra para ensayo (g) Granulometrías			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37.5	(1½")	25.0	(1")	1250 ± 25	...	...	...
25.0	(1")	19.0	(¾")	1250 ± 25	...	...	...
19.0	(¾")	12.5	(½")	1250 ± 10	2500 ± 10	...	...
12.5	(½")	9.5	(⅜")	1250 ± 10	2500 ± 10	...	...
9.5	(⅜")	6.3	(¼")	...	...	2500 ± 10	...
6.3	(¼")	4.75	(No.4)	...	...	2500 ± 10	...
4.75	(No.4)	2.36	(No.8)	...	...	...	5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Tabla 4.1.4- 1



Foto 4.1.4- 3



Foto 4.1.4- 4

Una vez preparada la muestra, se verifica que el tambor de la máquina de los ángeles este limpio y se coloca dicha muestra, junto con la carga abrasiva correspondiente (Tabla 4.1.4-2) a la granulometría escogida y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/minuto (30 y 33 rpm) hasta completar 500 revoluciones (15 minutos).

Granulometría de Ensayo	Número de Esferas	Masa total g
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

Tabla 4.1.4- 2



Foto 4.1.4- 5



Foto 4.1.4- 6

Una vez cumplido el numero de vueltas se descarga el material sobre una bandeja y se procede a una separación preliminar de la muestra ensayada; Se tamiza empleando un tamiz mayor al de 1.70mm (No. 12) lo que retenga se desecha y la fracción que pasa se tamiza sobre el tamiz de 1.70mm (No. 12).



Foto 4.1.4- 7



Foto 4.1.4- 8

El material más grueso que la abertura del tamiz de 1.70 (No.12) se lava y se seca en el horno a una temperatura comprendida entre $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$), hasta masa constante, y se determina la masa con precisión de 1g.



Foto 4.1.4- 9



Foto 4.1.4- 10

4.1.5 Cálculos

El resultado del ensayo es la diferencia entre la masa original y la masa final de la muestra ensayada, expresada como tanto por ciento de la masa original.

El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles, el cual se calcula así:

$$\% \text{Desgaste} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

- P_1 = masa de la muestra seca antes del ensayo, y
- P_2 = masa de la muestra después del ensayo, previo lavado sobre tamiz No.12

4.1.6 Informe

- Identificación del agregado (tipo, fuente y tamaño máximo nominal).
- Gradación de la Tabla 2, usada en el ensayo.
- Desgaste del agregado, redondeado a 1%.



ANEXO# 4(FORMATO)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARACTERIZACION DE MATERIALES II
 ABRASION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
 INV- E-218

Fecha: _____
 Localizacion: _____
 Elaborado por: _____

Pasa Tamiz		Retiene Tamiz		Masa de la muestra para ensayo (g) Granulometrías			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37,5	(1½")	25,0	(1")	1250±25			
25,0	(1")	19,0	(¾")	1250±25			
19,0	(¾")	12,5	(½")	1250±10	2500±10		
12,5	(½")	9,5	(⅜")	1250±10	2500±10		
9,5	(⅜")	6,3	(¼")			2500±10	
6,3	(¼")	4,75	No. 4			2500±10	
4,75	No. 4	2,36	No. 8				5000±10
TOTALES				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

PRUEBAS	1	2	3	4
Gradacion usada				
No. De esferas				
No. De revoluciones				
Pa= muestra seca antes del ensayo (gr)				
Pb=peso muestra seca despues del ensyo y lavado				
Perdida de material (Pa-Pb)				
%Desgaste= $((Pa-Pb)/Pa)*100$				

OBSERVACIONES



REFERENCIAS

- ASTM C 131 – 01 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- AASHTO T 96 – 02 Standard Method of Test for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- UNE EN 1097 – 2: 1998 ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DE LOS ÁRIDOS. MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN.

4.2 EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS (INV E-133-07)

Introducción

Este ensayo es muy importante para la determinación del material a utilizar ya sea como base o sub-base granular, debido a que el material fino sobre todo las arcillas en contacto con el agua causan gran daño al pavimento.

Por esta razón es de vital importancia saber el contenido de material fino que va llevar la estructura de cimentación.

4.2.1 Objetivo

Determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Es un procedimiento que se puede utilizar para lograr una correlación rápida en campo.

4.2.2 Se usa

Para determinar rápidamente, en el campo, variaciones de calidad de los agregados durante la producción o la colocación.

4.2.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Cilindro Graduado (En pulgadas)



Foto 4.2.3- 1

Tubo Irrigador



Foto 4.2.3- 2

Embudo



Foto 4.2.3- 3

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 4.2.3- 4

Horno



Foto 4.2.3- 5

Cronometro



Foto 4.2.3- 6

Tamiz No. 4



Foto 4.2.3- 7

Ensamble de Pie



Foto 4.2.3- 8

4.2.4 Procedimiento

Tomamos una muestra representativa del material (1500g) que pasen el tamiz 4.75mm (No. 4), manteniendo la condición de flujo libre humidecemos el material para evitar segregación o pérdida de finos de tal forma que apretamos con la mano una porción de material y se forme una masilla que permita abrir la mano sin romperse.



Foto 4.2.4- 1

Vertimos $102 \pm 3 \text{ mm}$ ($4.02 \pm 0.12 \text{ pulg}$) de solución floculante (cuando no hay sustancia se realiza con agua), lista la probeta con ayuda del embudo agregamos $85 \pm 5 \text{ cm}^3$ (aproximadamente 110gr) del suelo preparado, golpeamos con la palma de la mano para liberar la burbujas y que se empape en su totalidad la muestra, dejamos reposar por $10 \pm 1 \text{ min}$.



Foto 4.2.4- 2

Transcurridos los 10 ± 1 min tapamos la probeta con un tapón o con la mano y la invertimos para desprender el material del fondo de la probeta, ponemos la probeta horizontalmente y agitamos con nuestras manos sobre la misma línea (de izquierda a derecha) 90 ciclos en 30seg.



Foto 4.2.4- 3

Concluida la operación de agitación se debe colocar la probeta verticalmente sobre la mesa de trabajo y con la base en contacto con la superficie de trabajo se le introduce el tubo irrigador en la parte superior de la probeta para así limpiar el material de las paredes el irrigador debe llegar hasta el fondo, aplicando suavemente una presión y giro mientras que la solución de trabajo fluye por la boca del irrigador , esto impulsa el material fino desde el fondo hacia arriba poniéndolo sobre las partículas gruesas de arena.



Foto 4.2.4- 4

Cuando el nivel del líquido alcance 38 cm (15pulg) por encima del nivel anterior levantamos el tubo irrigador despacio sin que deje de fluir solución, de tal manera que el nivel se mantenga mientras se saca el irrigador, inmediatamente se retira dejamos reposar 20 min \pm 15 seg.

Al término de los 20 min., leemos el nivel superior de la suspensión de arcilla.

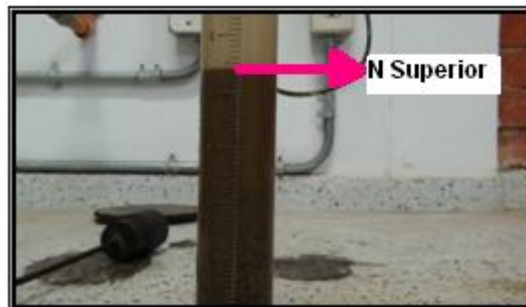


Foto 4.2.4- 5

Después de la lectura de arcilla, introducimos en la probeta el ensamble de pie (conjunto del disco, varilla y sobrepeso) y lo bajamos lentamente hasta que llegue sobre la arena, con mucho cuidado de no golpear las paredes de la probeta, cuando el ensamble toque la arena tomamos la medida que indique esta será la lectura de arena.



Foto 4.2.4- 6

Si el periodo total de sedimentación excede los 30 min se debe repetir el ensayo.

4.2.5 Cálculos

El equivalente de arena se calculara con aproximación de una decima:

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

Si el equivalente de arena calculado no es un número entero, se debe redondear al número entero superior.

Por ejemplo, para las lecturas indicadas en los numerales f y g se tienen los valores:

Lectura de arcilla = 8.0

Lectura de arena = 3.3

Entonces:

$$EA = \frac{3.3}{8.0} \times 100 = 41.2$$

Este valor se redondeará a 42 y así será anotado en el informe.

Para obtener el promedio de una serie de valores de equivalente de arena, se debe promediar el número de valores enteros determinados como se describió anteriormente.

Por ejemplo, supóngase que varias determinaciones del equivalente de arena dieron los valores 41.2, 43.8 y 40.9. Al redondear cada uno de ellos al valor entero superior, se convierten en 42, 44 y 41. Entonces se obtiene el promedio de estos valores redondeados:

$$\frac{42 + 44 + 41}{3} = 42.3$$

El promedio se redondeará también al entero superior, de manera que en este caso el valor definitivo del equivalente de arena para el informe será "43".



4.2.6 Informe

- Identificación y descripción de la muestra.
- Tiempo de sedimentación.
- Lectura de Arcilla.
- Lectura Arena.
- Tipo de solución.
- Método de Agitación.



ANEXO# 5(FORMATO)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARACTERIZACION DE MATERIALES II
 EQUIVALENTE DE ARENA
 INV-E- 133**

Fecha: _____
 Localizacion: _____
 Elaborado por: _____

Modo de preparacion de muestra:	1	2	1	2
Material pasa No. 4				
Temperatura: 25 GRADOS				
Altura de la arcilla H1				
Altura de arena H2				
Equivalente de arena % (H2/H1)				
Especificacion para hormigones	Debe ser mayor de 75%			

OBSERVACIONES

REFERENCIAS

- ASTM D 2419 – 95 Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate.
- AASHTO T 176 – 02 Standard Method of Test for Plastic Fines in Graded Aggregates and Soils by Use of the Sand Equivalent Test.
- UNE-EN 933-8: 2000 Evaluación de los Finos. Ensayo del Equivalente de Arena. Para Áridos.
- NLT – 113 Equivalente de Arena.
- UNE 103109:1995 Equivalente de Arena de un Suelo.

4.3 ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS. (INV E-230-07)

Introducción

Se realiza esta prueba para determinar el porcentaje de partículas de forma de aguja, o de laja ya que estas al recibir cargas tiene de a romperse con facilidad y afectan de manera negativa a la resistencia.

Para producir un concreto trabajable, las partículas elongadas, angulares, de textura rugosa necesitan más agua que los agregados compactos, redondeados y lisos. En consecuencia, las partículas de agregado que son angulares, necesitan un mayor contenido de cemento para mantener la misma relación agua– cemento.

La adherencia entre la pasta de cemento y un agregado generalmente aumenta a medida que las partículas cambian de lisas y redondeadas a rugosas y angulares.

4.3.1 Objetivo

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

4.3.2 Se usa

En concretos para verificar el contenido de partículas planas y largas, ya que si existe una gran cantidad de estas, presentaría efectos secundarios en la estabilidad de la muestra.

4.3.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Calibrador de Longitudes

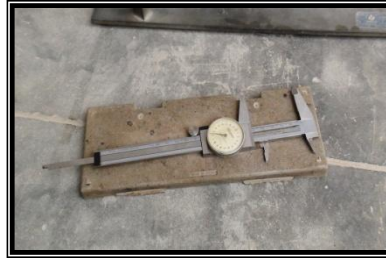


Foto 4.3.3- 1

Calibrador de Espesores



Foto 4.3.3- 2

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 4.3.3- 3

Taras



Foto 4.3.3- 4

Tamices (Serie Gruesa)



Foto 4.3.3- 5

4.3.4 Procedimiento

Se toman 5000 g de la muestra y se tamizan con los tamices indicados en la tabla 1, se pesan las partículas las retenidas en el tamiz de 63mm (2 1/2") y las que pase el tamiz 6.3mm (1/4) y se rechazan. Las partículas retenidas en los otros tamices se separan.



Foto 4.3.4- 1



Foto 4.3.4- 2

Índice de Aplanamiento:

Se toma el calibrador de longitudes y se gradúa la longitud acordada para cada granulometría, como lo indica la Tabla 4.3.4-1, una vez tenemos dicha medida tomamos el calibrador de espesores y se ajusta la ranura a dicha medida.

TAMICES				Dimensiones del calibrador, (mm)	
D _i , tamiz que pasa		d _i , tamiz que retiene		Aplanamiento (Abertura de la ranura) ⁽¹⁾	Alargamiento (Separación de las barras) ⁽²⁾
mm	(pulg)	mm	(pulg)		
63	(2½")	50	(2")	33.9	--
50	(2")	38	(1½")	26.4	78.8
37.5	(1½")	25	(1")	18.8	56.3
25	(1")	19	(¾")	13.2	39.6
19	(¾")	12.5	(½")	9.5	28.4
12.5	(½")	9.5	(¾")	6.6	19.8
9.5	(¾")	6.3	(¼")	4.7	14.2

Tabla 4.3.4- 1



Foto 4.3.4- 3



Foto 4.3.4- 4

Una vez ajustado el calibrador de espesores tomamos la muestra y pasamos por la ranura cada partícula, aquellas que no pasan por la ranura se desechan. Las partículas, que pasaron por la ranura respectiva del calibrador, o sea las planas se pesan nuevamente para conocer su masa.



Foto 4.3.4- 5



Foto 4.3.4- 6

Índice de Alargamiento:

El procedimiento es similar al de Índice de Aplanamiento, pero el calibrador de longitudes se ajustara a las medidas estipuladas en la Tabla 4.3.4-1 y con esta medida se abrirá la ranura del calibrador de espesores.



Foto 4.3.4- 7



Foto 4.3.4- 8

Se hace pasar por la ranura cada partícula, por su mayor dimensión, se determina la masa (m_i) de las partículas de cada fracción retenidas en el calibrador de longitud, o sea las largas.



Foto 4.3.4- 9



Foto 4.3.4- 10

4.3.5 Cálculos

Se registran la masa total (R_i) de las diferentes fracciones, se calcula la suma y se anota como M_1 según el índice que se desee determinar.

Los resultados de las masas de las partículas planas o largas, según el índice que se quiere determinar, de cada fracción (m_i) se anotarán.

Se calcula la suma de las masas (m_i) de las partículas planas o largas de las fracciones, según el índice que se desee determinar, y se anota como M_2 .

El índice de aplanamiento global o alargamiento global, I_A ó I_L respectivamente, según el que se desee determinar, se calcula como:

$$I_A \text{ ó } I_L = \frac{M_2}{M_1} \times 100$$

- M_1 = es la suma de las masas de las fracciones d_i/D_i , en g, y
- M_2 = es la suma de las masas de las partículas planas o largas, según el índice que se desee calcular, de las fracciones d_i/D_i , en g.

El índice de aplanamiento o de alargamiento de cada fracción d_i/D_i , I_{A_i} ó I_{L_i} . Se calculara cuando sea necesario, como sigue:

$$I_{AI} \text{ ó } I_{LI} = \frac{m_i}{R_i} \times 100$$

- R_i = es la masa de la fracción d_i/D_i , en g, y
- m_i = es la masa de las partículas planas o largas, según el índice que se desee calcular, de la fracción d_i /D_i , en g.

4.3.6 Informe

- Identificación de la muestra.
- Identificación del laboratorio.(Índice de Alargamiento o Índice de Aplanamiento)
- Masa de la muestra de ensayo.
- Índice de aplanamiento o alargamiento IA ó IL. redondeado al número entero más próximo.
- Fecha de recepción de la muestra.

REFERENCIAS

- UNE EN 933-3 1997 Ensayos para Determinar las Propiedades Geométricas de los Áridos. Determinación de la Forma de las Partículas. Índice de Lajas.
- NLT 354- 91 Índice de Lajas y de Agujas de los Áridos para Carreteras.
- ASTM D4791 - 05e1 Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate.
- MTC E 221 - 2000 Índice de Aplanamiento y de Alargamiento de los Agregados para Carreteras.

5. CARACTERIZACIÓN DE COMPACTIBILIDAD DE MATERIALES PARTICULADOS

5.1 RELACIONES DE HUMEDAD – MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN). (INV E-142-07)

Introducción

La compactación de suelos es el proceso artificial por el cual las partículas de suelo son obligadas a estar más en contacto las unas con las otras, mediante una reducción del índice de vacíos, empleando medios mecánicos, lo cual se traduce en un mejoramiento de sus propiedades ingenieriles.

La importancia de la compactación de suelos estriba en el aumento de la resistencia y disminución de la capacidad de deformación que se obtiene al someter el suelo a técnicas convenientes, que aumentan el peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Por lo general, las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales tales como cortinas de presas de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, bordes de defensas, muelles, pavimentos, etc.

Los métodos empleados para la compactación de suelos dependen del tipo de materiales con que se trabaje en cada caso; en los materiales puramente friccionantes como la arena, los métodos vibratorios son los más eficientes, en tanto que en suelos plásticos el procedimiento de carga estática resulta el más ventajoso. En la práctica, estas características se reflejan en el equipo disponible para el trabajo, tales como: plataformas vibratorias, rodillos lisos, neumáticos o patas de cabra.

5.1.1 Objetivo

Determinar la relación entre la humedad y la masa unitaria de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 4.54 Kg. (10 lb) que cae desde una altura de 457 mm (18").



5.1.2 Se usa

Para determinar el porcentaje de compactación y el contenido de agua necesarios para conseguir las propiedades geotécnicas requeridas, y para llevar el control durante la construcción que permita asegurar que se alcanzan los contenidos de agua y la compactación requerida.

5.1.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 5.1.3- 1

Horno



Foto 5.1.3- 2

Tamiz No. 4

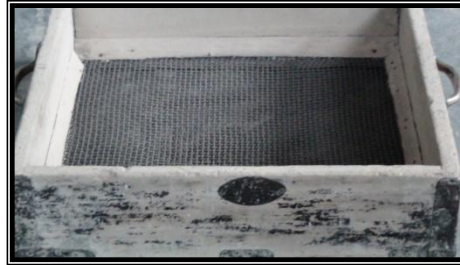


Foto 5.1.3- 3

Moldes



Foto 5.1.3- 4

Martillo de Compactación



Foto 5.1.3- 5

Recipiente



Foto 5.1.3- 6

Taras



Foto 5.1.3- 7

Probeta Graduada



Foto 5.1.3- 8

Pisón



Foto 5.1.3- 9

5.1.4 Procedimiento

La muestra se seca al aire o en el horno durante un día, antes de empezar el ensayo.

Se toman 5000 gr de muestra que pasen el tamiz de 4.75mm (No. 4) y se vacían en un recipiente (cuarteador) donde se desintegran los grumos.

(El peso de la muestra, el tamiz y el numero de golpes varían según el método escogido, ver Tabla 5.1.4-1).

Método	Diámetro Molde (mm)	Muestra pasa tamiz No.	Peso	
			Muestra(antes del tamizado) (gr)	No. Golpes por capa
A	101,6	4	3000	25
B	152,4	4	7000	56
C	101,6	3/4	5000	25
D	152,4	3/4	11000	56

Tabla 5.1.4- 1



Foto 5.1.4- 1

Una vez lista la muestra la humedecemos, la cantidad de agua corresponde aproximadamente al 4% de su peso (este % puede variar, de acuerdo al suelo) (asumimos este valor en mililitros): mezclamos uniformemente con una espátula o la mano hasta que el color de la muestra sea homogénea. Se pesa el molde junto con la base, para cuando esta lista la muestra se le pone los anillos al molde.



Foto 5.1.4- 2



Foto 5.1.4- 3

Lista la mezcla se vacía esta dentro del molde en 5 capas de aproximadamente la misma cantidad y cada capa se compactara con 25 golpes. (El numero de capas y golpes se escoge de acuerdo a la tabla 5.1.4-1).



Foto 5.1.4- 4

Procedemos a retirar el anillo y enrasar con una regla metálica, para que la muestra sea de igual tamaño que el molde, pesamos el nuevo sistema.



Foto 5.1.4- 5



Foto 5.1.4- 6

Tomamos unas muestras de las caras inferior y superior del suelo compactado y lo ubicamos en las taras y lo pesamos inmediatamente para luego secarla en el horno por un tiempo mínimo de 12 horas o hasta masa constante. (La muestra para calcular la humedad no debe tener una masa menor de 30 gr).



Foto 5.1.4- 7

Sacamos la muestra del molde y repetimos el mismo procedimiento, pero variando el contenido de agua hasta que la masa unitaria húmeda no presente cambios, de igual forma se puede hacer para los otros métodos.

5.1.5 Cálculos

Se calcula la humedad y la masa unitaria seca del suelo compactado para cada muestra, así:

$$w = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

$$\delta_d = \frac{\delta_h}{w + 100} \times 100$$

- w = Porcentaje de humedad en la muestra con base en la masa seca del suelo en el horno.
- A = Masa del recipiente y del suelo húmedo.
- B = Masa del recipiente y del suelo seco.
- C = Masa del recipiente.
- δ_d = Masa unitaria seca, en Kg./m³
- δ_h = Masa unitaria húmeda, en Kg./m³

5.1.6 Informe

- El método empleado (A, B, C ó D).
- La humedad óptima, como porcentaje, aproximada al entero más próximo.
- La masa unitaria máxima en Kg. /m³, con aproximación a 0.5 Kg. /m³ o en lb/pie³ con aproximación al entero más próximo.
- En los métodos C y D se debe indicar el material retenido en el tamiz de 19.0 mm (3/4") que fue removido y reemplazado.
- El tipo de cara del martillo, si se usó una diferente a la circular de 50.8 mm (2") de diámetro.

ANEXO# 7 (FORMATO)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARACTERIZACION DE MATERIALES II
 PROCTOR MODIFICADO
 INV-E-142

Fecha: _____
 Localizacion: _____
 Elaborado por: _____

Prueba No.				
No. De Golpes				
Humedad Deseada %				
Humedad Natural de la Muestra				
Humedad Adicional %				
Peso de la Muestra Humedad Grs.				
Peso de la Muestra Seca Grs.				
Agua Adicional c.c.				
Molde No.				
Peso Muestra Humedad + Mol. Grs.				
Peso Molde Grs.				
Peso Muestra Humedad Grs.				
% Humedad Horno				
Peso Muestra Seca Grs.				
Volumen del Molde c.c.				
Densidad Muestra Seca Gr/c ³				

DENSIDAD SECA VS HUMEDAD

DENSIDAD SECA Gr/Cm ³											HUMEDAD OPTIMA: %
											DENSIDAD SECA MAX:
											HUMEDAD %

REFERENCIAS

- AASHTO T 180– 01 Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.) Drop.
- ASTM D 698 – 00 Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³) (600 kN-m/m³).
- ASTM D1557 - 09 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)).
- UNE 103-501-94 Ensayo de Compactación Proctor Modificado.

5.2 DENSIDAD O MASA UNITARIA DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL CONO DE ARENA). (INV E-161-07)

Introducción

La calidad durante un proceso de compactación en campo se mide a partir de un parámetro conocido como grado de compactación, el cual representa un cierto porcentaje. Su evaluación involucra la determinación previa del peso específico y de la humedad óptima correspondiente a la capa de material ya compactado. Este método de conocer el grado de compactación es un método destructivo ya que se basa en determinar el peso específico seco de campo a partir del material extraído de una cala, la cual se realiza sobre la capa de material ya compactada.

5.2.1 Objetivo

Determinar (en el sitio) la densidad o masa unitaria de los suelos con el equipo de cono de arena.

5.2.2 Se usa

Para determinar la densidad de los suelos compactados, utilizados para construir terraplenes, rellenos viales y rellenos estructurales.

Se usa con frecuencia como base para la aceptación de suelos compactados a una densidad específica o a un porcentaje de densidad máxima.

5.2.3 Materiales y equipos

Se utilizarán los siguientes materiales y equipos:

Aparato del cono de arena



Foto 5.2.3- 1

Cono Metálico con Válvula



Foto 5.2.3- 2

Equipo Misceláneo

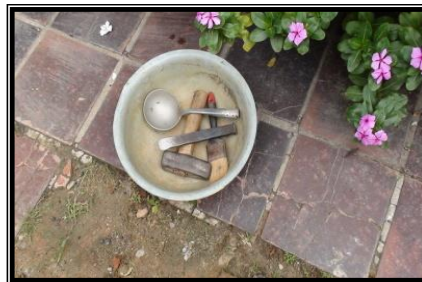


Foto 5.2.3- 3

Placa Base Metálica



Foto 5.2.3- 4

Balanza



Foto 5.2.3- 5

5.2.4 Procedimiento

Se selecciona un sitio representativo del área de prueba, ubicamos sobre esta el plato base y lo aseguramos que no se mueva.

Tomamos el tarro con arena y lo pesamos para conocer su masa; lo volteamos sobre el plato base, abrimos la válvula para que la arena fluya y cuando esta pare de bajar se cierra la válvula y pesa el tarro, de esta manera obtenemos el peso de arena necesario para llenar el cono, esta masa se conoce como constante del cono.



Foto 5.2.4- 1



Foto 5.2.4- 2

Una vez conocida la constante del cono se procede a cavar el hueco, con un diámetro de 10 cm el cual nos indica el plato base. El material que se extrae del hueco se recoge en un recipiente.



Foto 5.2.4- 3



Foto 5.2.4- 4

Después de tener el hueco hecho, se repite el procedimiento inicial, ponemos el dispositivo del cono de arena de tal forma que encaje con el plato base y con la válvula cerrada para que no se derrame arena, una vez ubicado el dispositivo se abre la válvula para que la arena fluya y llene el hueco y el cono.



Foto 5.2.4- 5



Foto 5.2.4- 6

En el momento en que la arena no fluya mas, cerramos la válvula y retiramos el dispositivo y lo pesamos para conocer la masa de arena necesaria para llenar el hueco, la arena que quedo en el hueco y sobre el plato base se recoge con una cuchara para luego tamizarla sobre el tamiz No. 10 para limpiarla de impurezas y volverla a utilizar.



Foto 5.2.4- 7



Foto 5.2.4- 8

Terminado el procedimiento anterior se calcula el porcentaje de humedad del material, un método es en campo por medio de un Humedometro o en el laboratorio calculando el peso seco de la muestra extraída.

Humedometro



Foto 5.2.4- 9



Foto 5.2.4- 10

Laboratorio



Foto 5.2.4- 11



Foto 5.2.4- 12

5.2.5 Cálculos

Los cálculos indicado son para la masa en gramos y los volúmenes en centímetros cúbicos. Se calcula el volumen del hueco de ensayo, de la siguiente manera:

$$V = \frac{M_1 - M_2}{\delta_1}$$

Donde:

- V= volumen del hueco de ensayo, en cm³
- M₁=masa de la arena que se utilizo para llenar el hueco, el cono y la placa de base, en g.
- M₂=masa de la arena que se utilizo para llenar conjunto cono y placa de base (Constante del cono), g.
- δ₁=densidad de la arena, g/cm³.

Se calcula la masa seca del material removido del hueco de ensayo, de la siguiente manera:

$$M_4 = \frac{100 M_3}{w + 100}$$

Donde:

- M₄= masa seca del material removido del hueco de ensayo, en g.
- M₃= masa húmeda del material removido del hueco de ensayo, g.
- w=contenido de humedad del material del hueco de ensayo, en %.

La humedad se debe calcular con aproximación a 0.1%.

Se calcula la densidad seca y humedad del material en el terreno de ensayo, de la siguiente forma:

$$\delta_m = \frac{M_3}{V}$$

$$\delta_d = \frac{M_4}{V}$$

Donde:

- δ_m = densidad húmeda del material de ensayo, o su masa unitaria húmeda, g/cm³.
- δ_d = densidad seca del material de ensayo, o su masa unitaria seca, g/cm³.
- M_4 = masa seca del material removido del hueco de ensayo, en g.
- M_3 = masa húmeda del material removido del hueco de ensayo, g.
- V = volumen del hueco de ensayo, en cm³.

La densidad del material in situ se debe con aproximación a 0.1 g/cm³.

5.2.6 Informe

- Localización del ensayo (abscisa), cota, espesor de la capa ensayada y otros datos pertinentes para ubicar e identificar el ensayo.
- El volumen del hueco de ensayo, en cm³.
- La densidad húmeda en el terreno, m_d en g/cm³.
- La densidad seca en el terreno, d_d en g/cm³.
- Contenido de humedad del suelo en el terreno, expresada como un porcentaje de la masa seca y el método utilizado.



- La identificación de los aparatos de cono utilizados y sus respectivas constantes del cono para la arena empleada.
- La densidad de la arena utilizada, $1 d$ en g/cm^3 .
- Descripción visual del suelo o designación del material.
- Masa y porcentaje de sobre tamaños y el tamiz utilizado para su separación, si este se usó.
- Observaciones sobre el ensayo, si da a lugar.
- Si se expresa la densidad seca en el terreno como porcentaje de otro valor, se incluye lo siguiente:
 - El método de laboratorio utilizado para determinar la densidad máxima de referencia.
 - La densidad seca de referencia.
 - La corrección por sobre tamaños del material y sus detalles, si fuera el caso.
 - El porcentaje de densidad seca en el terreno y el valor de comparación.
 - Si la densidad o la humedad en el terreno se usan como criterio de aceptación, se incluye el criterio aplicado al ensayo.



ANEXO# 8 (FORMATO)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARACTERIZACION DE MATERIALES II
 DENSIDAD DE CAMPO EN SUELOS (CONO DE ARENA)
 INV E-161-07

Elaborado Por: _____
 Fecha: _____

Calibracion de Arena en el Cono

Peso Total (gr)	
Peso Final (gr)	
Peso Arena en el Cono (gr)	

Ensayo de Peso Unitario

Peso inicial Cono-Arena (gr)	
Peso final Cono-Arena (gr)	
Peso de la Arena en el Cono y Hueco (gr)	
Peso Arena-Hueco (gr)	
Densidad Arena (gr/cm ³)	
Volumen Hueco (cm ³)	
Peso Material Extraido (gr)	
Peso Seco Material Extraido (gr)	
Peso Especifico Humedo (gr/cm ³)	
Peso Especifico Seco (gr/cm ³)	
Humedad (%)	

REFERENCIAS

- ASTM D 1556 – 00 Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method.
- AASHTO T 191 – 02 (2004) Standard Method of Test for Density of Soil In-Place by the Sand-Cone Method.
- NTC 1667 Determinación de la masa unitaria en el TERRENO.

5.3 RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR DE LABORATORIO). (INV E-148-07)

Introducción

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

5.3.1 Objetivo

Esta norma describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado relación de soporte de California, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio).

5.3.2 Se usa

Para evaluar la resistencia potencial de materiales de subrasante, subbase y base, incluyendo materiales reciclados para empleo en pavimentos de carreteras y pistas de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma parte integral de varios métodos de diseño de pavimentos flexibles.

5.3.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 5.3.3- 1

Horno



Foto 5.3.3- 2

Tamices



Foto 5.3.3- 3

Moldes



Foto 5.3.3- 4

Disco Espaciador



Foto 5.3.3- 5

Martillo de Compactación



Foto 5.3.3- 6

Medidor de Expansión



Foto 5.3.3- 7

Papel Filtro



Foto 5.3.3- 8

Placas de Sobrecarga



Foto 5.3.3- 9

Tanque



Foto 5.3.3- 10

Maquina de Penetración



Foto 5.3.3- 11

5.3.4 Procedimiento

Se tamiza una cantidad adecuada de suelo pulverizado representativo sobre el tamiz de 19 mm (No.3/4) y tomamos lo que pase por este, hasta obtener 7000g de la muestra. Si lo hubiere, se descarta el material grueso retenido sobre dicho tamiz. Con el ensayo de proctor modificado (INV E-141 o INV E 142), el cual se debió realizar anteriormente se determina el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima.



Foto 5.3.4- 1



Foto 5.3.4- 2

Se ajusta el molde a la placa de base, se une el collar de extensión y se pesa. A continuación se inserta el disco espaciador dentro del molde y se coloca un papel filtro grueso encima del disco.



Foto 5.3.4- 3

A los 7000g de muestra se le saca el porcentaje de humedad óptima y este resultado será la cantidad de agua (ml) con la cual se humedecerá el material.



Foto 5.3.4- 4



Se compacta la primera de las tres porciones de la mezcla de suelo -agua en el molde, usando tres capas iguales para obtener una profundidad total compactada de más o menos 125 mm, compactando con el martillo cada capa con el menor número de golpes seleccionados (10, 25 y 56 golpes por capa), para obtener una densidad compactada del 95%, o menos, de la densidad máxima.



Foto 5.3.4- 5

Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de pavimento que hayan de ir encima del suelo que se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2.27 kg (5.0 lb) correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4.54 kg. (10lb).

5.3.4.1 PROCEDIMIENTO DE INMERSIÓN DE LA MUESTRA

Se toma la primera lectura para medir la expansión colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del deformímetro con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua aproximadamente constante, aproximadamente 25 mm (1") por encima de la superficie del espécimen. Se admite también un periodo de inmersión más corto,

nunca menor de 24 horas si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados. Para algunos suelos arcillosos puede ser necesario un período de inmersión superior a 4 días.



Foto 5.3.4.1- 1



Foto 5.3.4.1- 2

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura se puede retirar, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura inicial del espécimen.



Foto 5.3.4.1- 3

Después del período de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y, a continuación, se retiran las sobrecargas y la placa perforada. Inmediatamente, se pesa y se procede al ensayo de penetración.



Foto 5.3.4.1- 4

5.3.4.2 ENSAYO DE PENETRACIÓN

Se coloca sobre el espécimen las mismas sobrecargas que tuvo durante el período de inmersión. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo.

Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 44 N (10 lb) para que el pistón asiente. Seguidamente, se sitúan en cero los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración.



Foto 5.3.4.2- 1

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto. Las prensas manuales no pre paradas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

PENETRACION

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.91	0.075
2.54	0.100
3.18	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400 *
12.70	0.500 *

* Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Tabla 5.3.4.2- 1



Foto 5.3.4.2- 2

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de los 25 mm (1”) superiores, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad. Su masa deberá ser de al menos 100 g si el suelo ensayado es de grano fino y de 500 g si es granular.



Foto 5.3.4.2- 3



Foto 5.3.4.2- 4

5.3.5 Cálculos

Humedad de Compactación – La masa de agua en gramos que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$W_w = \left(\frac{W_h}{1 + \frac{W_o}{100}} \right) \times \left(\frac{W_p - W_o}{100} \right)$$

- W_w = masa de agua a añadir, g;
- W_o = % de humedad inicial;
- W_p = % de humedad prefijada, y
- W_h = masa húmeda de la porción de suelo.

Densidad o Masa Unitaria – La densidad se calcula a partir del proctor Modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

Curva esfuerzo-penetración – Se calcula la presión aplicada por el pistón para cada penetración indicada en la Sección K y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se debe ajustar para corregir las irregularidades de la superficie de la muestra, que afectan la forma inicial de la curva (Ver Figura 5.3.5-1). Se dibuja una curva por muestra ensayada.

Curva esfuerzo – penetración (Fuente: Instituto Nacional de Vías, Norma INVIAS E-148-07).

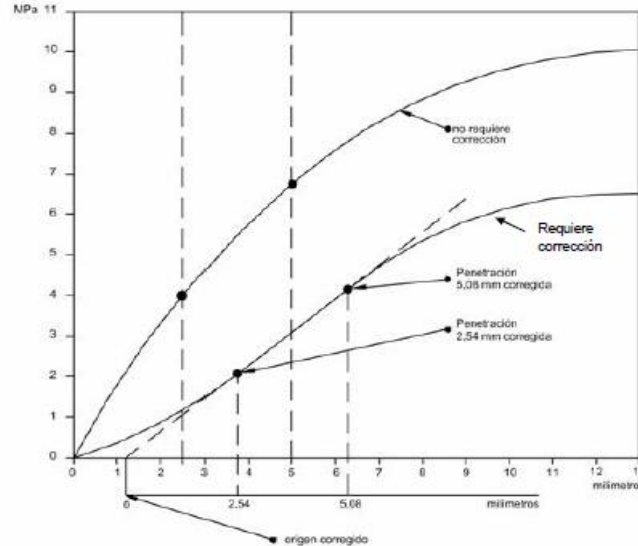


Figura 5.3.5- 1

Expansión – La expansión de cada espécimen se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro del aparato medidor de expansión antes y después de la inmersión. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura inicial de la muestra en el molde, que es de 116.43 mm (4.58").

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{116.43} \times 100$$

- L_1 = Lectura inicial en mm.
- L_2 = Lectura final en mm.
- $L_2 - L_1$ = Cambio de altura del espécimen durante la inmersión, mm.



Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman de la curva los valores de presión correspondientes a 2.54 y 5.08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente a la curva en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto, (0 corregido), el cual se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.

Penetración		Presión		
mm	Pulgadas	MPa	Kg./cm ²	lb/plg ²
2.54	0.1	6.90	70.31	1.000
5.08	0.2	10.35	105.46	1.500

Tabla 5.3.5- 1

5.3.6 Informe

- Identificación de la muestra (localización, número de la perforación, profundidad, etc.)
- Procedimiento y energía de compactación.
- Porcentaje de material retenido en el tamiz de 19 mm en la muestra original, en el caso de que se haya producido reemplazo.
- Humedad al fabricar el espécimen.
- Masa unitaria de cada espécimen compactado.
- Sobrecarga de saturación y penetración.
- Expansión del espécimen.
- Humedad después de la saturación.
- Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma INV E – 141 o INV E – 142, según corresponda.
- Curva Presión-Penetración.
- Valor de Relación de Soporte (en porcentaje) para cada muestra.

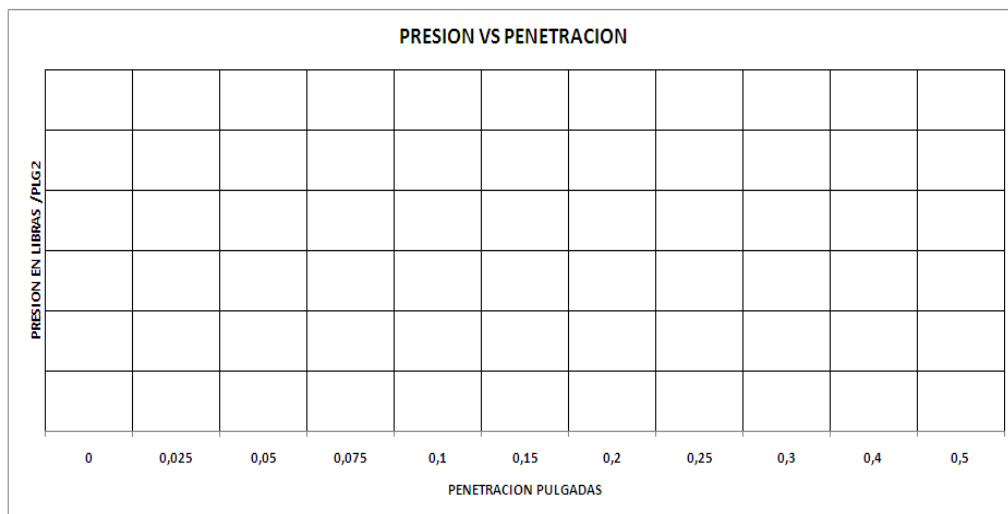
ANEXO # 9 (FORMATO)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARACTERIZACION DE MATERIALES II
 CBR
 INV- E-148

Fecha: _____
 Localizacion: _____
 Elaborado por: _____

Molde No.									
No. De Golpes									
Dias de inmersión									
PENETRACION PLG	LEC.	CARGA	PRESION	LEC.	CARGA	PRESION	LEC.	CARGA	PRESION
0									
0,025									
0,05									
0,075									
0,1									
0,15									
0,2									
0,25									
0,3									
0,4									
0,5									
CBR A 0,1"									
CBR A 0,2"									
CBR CORREGIDO 0,1"									
CBR CORREGIDO 0,2"									



REFERENCIAS

- ASTM D 1883 – 99 STANDARD TEST METHOD FOR CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) OF LABORATORY COMPACTED SOILS.
- AASHTO T 193 – 99 (2003) Standard Method of Test for The California Bearing Ratio.
- UNE 103-502-95 Método de Ensayo para Determinar en el Laboratorio el Índice CBR de un Suelo.

6. FORMULACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS

6.1 RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (INV E-748-07)

Introducción

La prueba Marshall, se utiliza para encontrar el contenido óptimo de asfalto al realizar la prueba se obtienen datos para formar graficas. En el eje de las abscisas se encuentra el porcentaje de asfalto y en el de las ordenadas se encuentra el peso volumétrico, la relación de vacios, la estabilidad y el flujo. Teniendo en cuenta estas graficas podemos encontrar el contenido óptimo de asfalto.

6.1.1 Objetivo

Determinar la resistencia a la deformación plástica de especímenes cilíndricos de mezclas asfálticas para pavimentación, empleando el aparato Marshall.

6.1.2 Se usa

Para controlar la elaboración de mezclas en obra o en el laboratorio que contengan cemento asfáltico y agregados pétreos de tamaño máximo menor a 1”.

6.1.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Dispositivo para moldear



Foto 6.1.3- 1

Gato Hidráulico



Foto 6.1.3- 2

Martillo de Compactación



Foto 6.1.3- 3

Pedestal de Compactación



Foto 6.1.3- 4

Sujetador para el molde



Foto 6.1.3- 5

Estufa



Foto 6.1.3- 6

Material Aislante



Foto 6.1.3- 7

Asfalto



Foto 6.1.3- 8

Olla

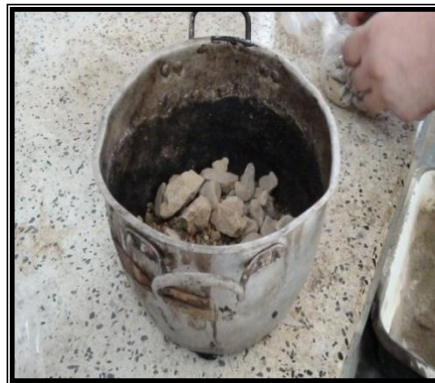


Foto 6.1.3- 9

Termómetro



Foto 6.1.3- 10

Tamices (Serie Fina)



Foto 6.1.3- 11

Mordazas



Foto 6.1.3- 12

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 6.1.3- 13

Horno



Foto 6.1.3- 14

Agregado



Foto 6.1.3- 15

Prensa



Foto 6.1.3- 16

6.1.4 Procedimiento

Preparación Muestra

Seleccionamos el tipo de mezcla que vamos a realizar MDC1 o MDC2, para saber la granulometría que necesitaremos, ya que dependiendo del tipo de mezcla existen unos porcentaje por tamaño de agregado. (Ver Tabla 6.1.4-1), escogida el tipo de mezcla tamizamos el material para obtener material de los diferentes tamaños.

Tamiz		Porcentaje que pasa	
Normal	Alterno	MDC-1	MDC-2
25.0 mm	1"	100	-
19.0 mm	3/4"	80-100	100
12.5 mm	1/2"	67-85	80-100
9.5 mm	3/8"	60-77	70-88
4.75 mm	No. 4	43-54	51-68
2.00 mm	No. 10	29-45	38-52
425 µm	No. 40	14-25	17-28
180 µm	No. 80	8-17	8-17
74 µm	No. 200	4-8	4-8

Tabla 6.1.4- 1



Foto 6.1.4- 1



Foto 6.1.4- 2

Elegida el tipo de mezcla, definimos el porcentaje de asfalto (incrementos de 0.5% en peso, entre ellos), por cada porcentaje de asfalto se deben hacer 3 probetas, para obtener diferentes valores y determinar el valor "optimo" de asfalto. Para cada probeta se necesitan aproximadamente 1200g de ingredientes, a los cuales

se les saca el porcentaje de asfalto en peso y a este valor se le adiciona el agregado de acuerdo a la gradación escogida hasta completar los 1200g de mezcla. Pesamos el material que vamos a usar.



Foto 6.1.4- 3

Una vez pesado cada tamaño del agregado de acuerdo a lo que necesitamos, los mezclamos y ponemos a calentar junto con el asfalto calculado anteriormente, a una temperatura de 150°C. Cuando llegan a la temperatura indicada, ponemos el agregado en la balanza y vertimos el porcentaje de asfalto en peso sobre el agregado (hasta que completemos los 1200g de mezcla) y mezclamos manualmente hasta que este lo cubra totalmente.



Foto 6.1.4- 4

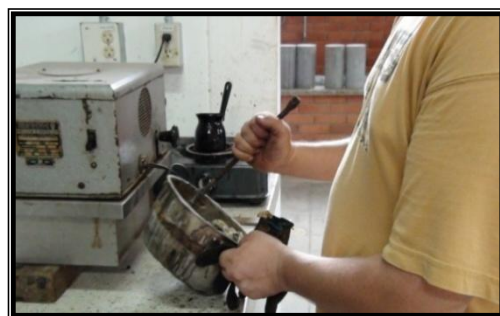


Foto 6.1.4- 5



Lista la mezcla, sacamos el molde del horno el cual previamente se ha engrasado y se ha calentado en el horno a 155°C durante 24 horas, lo colocamos en el soporte y en el fondo ponemos un papel filtro, echamos con cuidado la mezcla para no perder material.



Foto 6.1.4- 6



Foto 6.1.4- 7

Con una espátula compactamos la probeta con 10 golpes en el interior y 15 a su alrededor, para nivelar la mezcla. Ponemos un papel de filtro en la parte superior de la probeta y compactamos por impacto dando 75 golpes por cada cara.



Foto 6.1.4- 8



Foto 6.1.4- 9

Compactada la probeta, la dejamos en el molde para que endurezca un mínimo de dos horas y procedemos a desmoldarla con ayuda de un gato hidráulico, se identifica con la crayola, se mide su espesor y se coloca sobre una superficie plana, lisa, donde se deja en reposo durante una noche.



Foto 6.1.4- 10



Foto 6.1.4- 11

Ensayo de Estabilidad y Flujo

Pasada la noche, pesamos la probeta y registramos ese valor, después la sumergimos en agua durante 4 minutos, al cabo de los 4 minutos pesamos la canasta sumergida en el agua y luego introducimos la probeta dentro de la canasta la cual está sumergida en el agua y pesamos el conjunto.



Foto 6.1.4- 12



Foto 6.1.4- 13

Sacamos la probeta de la canasta y la secamos con un trapo húmedo superficialmente y se vuelve a pesar, para de esta forma obtener la densidad de vacíos de la probeta.

Se coloca la probeta en un baño de agua durante 30 o 40 minutos o en el horno durante 2 horas, manteniendo el baño o el horno a $60^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{ C}$.



Foto 6.1.4- 14

Se limpia perfectamente las barras guías y las superficies interiores de las mordazas de ensayo antes de la ejecución de éste, y se lubrican las barras guías de tal manera que la mordaza superior se deslice libremente. La temperatura de las mordazas se deberá mantener entre 21.1° C y 37.8° C.

Se retira la probeta del baño de agua u horno y se coloca centrada en la mordaza inferior; se monta la mordaza superior con el medidor de deformación y el conjunto se sitúa centrado en la prensa. Se coloca el medidor de flujo en posición, se ajusta a cero, y se mantiene su vástago firmemente contra la mordaza superior mientras se aplica la carga de ensayo.



Foto 6.1.4- 15



Foto 6.1.4- 16

Se aplica, a continuación, la carga sobre la probeta con la prensa a una tasa de deformación constante de 50.8 mm (2") por minuto, hasta que ocurra la falla, es decir cuando se alcanza la máxima carga y luego disminuye, según se lea en el dial respectivo. Se anota el valor máximo de carga registrado en la máquina de ensayo o, si es el caso, la lectura de deformación del dial indicador, la cual se convierte a carga, multiplicándola por la constante del anillo.



Foto 6.1.4- 17

6.1.5 Cálculos

Se determina el porcentaje de ligante asfáltico y de agregado respecto al peso total de la mezcla (norma INV E – 731 o INV E – 730). Se reporta P_b y P_s , respectivamente.

Se separa el agregado grueso (retenido en el tamiz de 4.75 mm) y del agregado fino se separa la fracción de llenante mineral (pasa tamiz de 75 μ m). Se calcula el porcentaje de cada fracción respecto al peso total del agregado y se reporta como P_1 , P_2 y P_3 , respectivamente.

Se determina la gravedad específica del ligante asfáltico (norma INV E – 707); del agregado grueso (norma INV E – 223); del agregado fino (norma INV E – 222) y de la llenante mineral (norma INV E – 128). Se reporta como G_b , G_1 , G_2 y G_3 , respectivamente.

Se calcula la gravedad específica bulk, G_{sb} , del agregado combinado recuperado de la MAC, con la siguiente expresión:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3}}$$

Se determina la gravedad específica máxima teórica de la MAC compactada, previa disgregación del espécimen (norma INV E – 735), y se reporta como G_{mm} .

Se determina la gravedad específica bulk del espécimen de MAC compactado (norma INV E – 733) y se reporta como G_{mb} .

Se calcula la gravedad específica efectiva del agregado, G_{se} , con la siguiente expresión:

$$G_{se} = \frac{100 - P_b}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

Se calcula el asfalto absorbido, P_{ba} , como porcentaje del peso de agregado, con la siguiente expresión:

$$P_{ba} = \frac{G_b (G_{se} - G_{sb})}{G_{sb} G_{se}} \times 100$$

Se calcula el contenido de asfalto efectivo, P_{be} , como porcentaje del peso de la MAC, con la siguiente expresión:

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba} P_s}{100}$$

Se calcula el porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado mineral (VAM), con la siguiente expresión:

$$VAM = 100 - \frac{G_{mb} P_s}{G_{sb}}$$

Donde:

- P_s = es el porcentaje de agregado respecto al peso total de la mezcla.

Se calcula el porcentaje de vacíos de aire, V_a , en la MAC compactada, con la siguiente expresión:

$$V_a = \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \times 100$$

Se calcula el porcentaje de vacíos llenos de ligante asfáltico (VFA) como una porción de los vacíos en el agregado mineral, con la siguiente expresión:

$$VFA = \frac{VAM - V_a}{VAM} \times 100$$

Se calcula la relación de polvo, relación entre el llenante y el asfalto efectivo, con la siguiente expresión:

$$R.P. = \frac{P_{0.075}}{P_{be}}$$

Donde:

$P_{0.075}$ = porcentaje del agregado que pasa el tamiz de 0.075 mm (No .200).



6.1.6 Informe

- Tipo de muestra ensayada (muestra de laboratorio o núcleo tomado de un pavimento).
- Valor promedio de la máxima carga en Newtons (lbf) de por lo menos tres especímenes, corregido cuando se requiera (ver Tabla 1).
- Valor promedio del flujo, en 0.25 mm (0.01") de tres especímenes.
- Temperatura de ensayo.



ANEXO# 10(FORMATO)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARACTERIZACION DE MATERIALES II
 CONTROL DE MEZCLAS ASFALTICAS
 INV- E-748

Fecha: _____
 Localizacion: _____
 Elaborado por: _____

Procedencia de los Agregados: _____ Ensayo _____

Proyecto y Sector _____ Anillo No. _____

DENSIDAD- ESTABILIDAD-FLUJO				
(1) Muestra No.				
(2) Fecha				
(3) Espesor Muestra; cm				
(4) Peso Muestra sola al aire, Gr.				
(5) Peso muestra + parafina al aire, Gr.				
(6) Peso parafina:(5)-(4),Gr.				
(7) Volumen parafina:(6)/0,89,*cm ³				
(8) Peso muestra + parafina en el agua,Gr.				
(9) Volumen muestra +parafina :(5)-(8),cm ³				
(10) Volumen muestra:(9)-(7),cm ^{3***}				
(11) Densidad:(4)/(10),g/cm ³				
(12) Lectura extensometro de carga 10 ⁻³ PLG				
(13) Estabilidad medida:(12)*(k),***Libras				
(14) Factor de correcion				
(15) Estabilidad corregida:(13)*(14),Libras				
(16) Flujo: Lecturas extensometro 1,01 PLG				

EXTRACCION		GRADACION			
Prueba No. 1		P. inicial:	g.	P.Lavado:	g.
Peso inicial de la mezcla, g.		Tamiz	Peso retenido	% retenido	% pasa
peso del agregado seco,g.					
peso del asfalto,g.					
% asfalto					
Prueba No. 2					
Peso inicial de la mezcla, g.					
peso del agregado seco,g.					
peso del asfalto,g.					
% asfalto					
% ASFALTO PROMEDIO					

* Peso especifico promedio de la parafina = 0,89

***(k) constante del anillo: _____ libras

** (10)=(4)*(8) cuando no se usa parafina

REFERENCIAS

- AASHTO T 245 – 97 (2004) Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus.
- NLT 159 Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas. Aparato Marshall.
- ASTM D1559-89 Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus (Withdrawn 1998).



6.2 DOSIFICACION DE CONCRETOS (TECNOCONCRETOS ACI 211)

Introducción

El objetivo al diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales con los que se dispone, para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de uso. Para lograr tal objetivo, una mezcla de concreto bien proporcionada deberá poseer las propiedades siguientes:

En el concreto fresco, trabajabilidad aceptable.

En el concreto endurecido, durabilidad, resistencia y presentación uniforme.

Economía.

La elección de las características de la mezcla se realiza en base al uso que se dé propone dar al concreto, a las condiciones de exposición, al tamaño y forma de lo miembros, y a las propiedades físicas del concreto (tales como la resistencia), que se requieren para la estructura.

Para la elaboración de esta metodología, se debieron realizar previamente los siguientes ensayos:

- Tamizado de materiales granulados (agregados o áridos). NTC 77.
- Método para determinar la masa unitaria de los agregados. NTC 92.
- Método para determinar la densidad y absorción de agregados gruesos. NTC 176.
- Método para determinar el peso específico y la absorción de agregados finos. NTC 237.

Dentro de la explicación de esta metodología, hablaremos brevemente de la ejecución de cada unos de los ensayos mencionados anteriormente.

6.2.1 TAMIZADO DE MATERIALES GRANULADOS (NORMA INCONTEC 77)

6.2.1.1 Objetivo

Establecer el procedimiento que debe seguirse en las operaciones de tamizado de materiales granulados.

6.2.1.2 Se usa

Para determinar la composición granulométrica del material, por ende se necesita para la ejecución de muchos ensayos.

6.2.1.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 6.2.1.3- 1

Tamices



Foto 6.2.1.3- 2

Horno



Foto 6.2.1.3- 3

6.2.1.4 Procedimiento

Seleccionamos la masa de la muestra según su tamaño máximo (Ver Tabla 6.2.1.4-1), si con estas cantidades corremos el riesgo de sobrecargar los tamices, debemos fraccionar la muestra, de igual forma si el material está compuesto de agregado grueso y fino, separamos el material por medio del tamiz de 4.76mm (No. 4) y procedemos a tamizar el material (debe estar seco), respetando las masas indicadas en la tabla 6.2.1.4-1.



Foto 6.2.1.4- 1

Tamaño máximo de las partículas (mm)	Masa de la muestra (Kg)
2,38 o menor	0,1
4,76	0,5
9,51	2
13,5	4
19	7
26,9	11
38,1	15
53,8	20
64	25
76,1	45
90,5	65

Tabla 6.2.1.4- 1

El tamizado a mano, debemos organizar los tamices de tal forma que el tamaño de su abertura vaya decreciendo, el material debe mantenerse en movimiento, en ningún caso debe facilitarse con la mano el paso de material, se finaliza la operación cuando a través de un minuto, no pase por el mismo mas del 1% de material.



Foto 6.2.1.4- 2

6.2.1.5 Cálculos

Porcentaje de material retenido.

$$\% \text{retenido} = (P_r \times 100) / M_t$$

Donde:

- P_r = Peso del material retenido en el tamiz.
- M_t = Masa total de la muestra a tamizar.

Porcentaje de material retenido acumulado.

$$\% \text{retenido acumulado} = (P_{r_i} + P_{r_j})$$

Donde:

- P_{r_i} = Porcentaje del material retenido en el tamiz
- P_{r_j} = Porcentaje del material retenido en el tamiz inmediatamente anterior.

Porcentaje que pasa.

$$\% \text{pasa} = 100 - \% \text{retenido acumulado}$$




6.2.1.6 Informe

- Procedencia y descripción.
- Peso total de la muestra.
- Numero del tamiz.
- Peso retenido en cada tamiz.
- Porcentaje retenido por tamiz.
- Porcentaje retenido acumulado por tamiz.
- Porcentaje que pasa por cada tamiz.



ANEXO# 11 (FORMATO)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARACTERIZACION DE MATERIALES II
 TAMIZADO DE MATERIALES GRANULADOS
 (AGREGADOS O ARIDOS)
 MTC-77

Presento: _____ D: _____

Fecha: _____ M: _____ A: _____

Material, Procedencia, Descripción: _____

Análisis granulométrico

	Tamiz	Peso retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
A g r F e i g n a o d o	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	Fondo Total	_____	_____	Peso Muestra _____	_____
	Módulo de finura	_____	Tamaño efectivo _____	Coefficiente de uniformidad _____	_____

	Tamiz	Peso retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
A g r r e u g e a o d o	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____	_____
	Fondo Total	_____	_____	Peso Muestra _____	_____
	Módulo de finura	_____	Tamaño efectivo _____	Coefficiente de uniformidad _____	_____

Porcentaje de Error: _____

Observaciones: _____

6.2.2 METODO PARA DETERMINAR LA MASA UNITARIA DE LOS AGREGADOS (NORMA INCONTEC 92)

6.2.2.1 Objetivo

Establecer el método para determinar la masa unitaria de los agregados.

6.2.2.2 Se usa

Para seleccionar las proporciones adecuadas en el diseño de mezclas de concreto.

6.2.2.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 6.2.2.3- 1

Varilla Compactadora



Foto 6.2.2.3- 2

Recipiente de Medida



Foto 6.2.2.3- 3

6.2.2.4 Procedimiento

Agregado Grueso

Escogemos una muestra representativa del material, la cual tenga un tamaño máximo de 38 mm ($1\frac{1}{2}$) y lo retenga el tamiz de 4.75mm (No. 4). Pesamos el recipiente vacío para obtener su masa y procedemos a poner la muestra, en tres capas iguales hasta colmarlo.

A cada capa la apisonamos con 25 golpes de varilla distribuidos uniformemente, evitando golpear el fondo del recipiente o la capa anterior una vez colmado enrasamos y pesamos para determinar la masa del recipiente lleno.



Foto 6.2.2.4- 1



Foto 6.2.2.4- 2

Agregado Fino

Escogemos una muestra representativa del material seco, la cual tenga un tamaño máximo de 4.75mm (No. 4). Pesamos el recipiente vacío para obtener su masa y procedemos a poner la muestra, en tres capas iguales hasta colmarlo, enrasamos y pesamos.



Foto 6.2.2.4- 3



Foto 6.2.2.4- 4

Repetimos el mismo procedimiento, pero ahora a cada capa la apisonamos con 25 golpes con la varilla, una vez colmado enrasamos y pesamos el conjunto de recipiente mas agregado fino.



Foto 6.2.2.4- 5

6.2.2.5 Cálculos

Peso unitario suelto:

$$P \text{ unitaria suelto} = P_2 - P_1$$

- P_1 = Peso del recipiente vacío.
- P_2 = Peso del recipiente más agregado sin compactar.

Peso unitario compactado:

$$P \text{ unitaria compactado} = P_3 - P_1$$



- P_1 = Peso del recipiente vacío.
- P_3 = Peso del recipiente más agregado compactado.

6.2.2.6 Informe

- Procedencia y descripción.
- Tamaño máximo de la muestra.
- Peso total de la muestra.
- Peso del recipiente.
- Peso del recipiente más agregado.
- Peso del recipiente más agregado compactado.



ANEXO# 12 (FORMATO)

		<p>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL CARACTERIZACION DE MATERIALES II MASA UNITARIA DE LOS AGREGADOS NTC-92</p>
<p>Presento: _____</p>		<p>Fecha: _____</p>
<p>Material, Procedencia, Descripción: _____ D: _____</p> <p>_____ M: _____ A: _____</p>		
<p>PESO RECIPIENTE METALICO _____ kg</p> <p>VOLUMEN RECIPIENTE METALICO _____ m³</p>		
<p>AGREGADO GRUESO</p>		<p>AGREGADO FINO</p>
<p>PESO SUELTO + RECIPIENTE _____ kg</p> <p>PESO COMPACTADO + RECIPIENTE _____ kg</p>		<p>PESO SUELTO + RECIPIENTE _____ kg</p> <p>PESO COMPACTADO + RECIPIENTE _____ kg</p>
<p>Peso Unitario Suelto _____ (Kg/m³)</p> <p>Peso Unitario Compactado _____ (Kg/m³)</p>		<p>Peso Unitario Suelto _____ (Kg/m³)</p> <p>Peso Unitario Compactado _____ (Kg/m³)</p>
<p>OBSERVACIONES</p>		

6.2.3 METODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS (NTC 176)

6.2.3.1 Objetivo

Establecer el método para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.

6.2.3.2 Se usa

Para seleccionar las proporciones adecuadas en el diseño de mezclas de concreto.

6.2.3.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 6.2.3.3- 1

Varilla Compactadora



Foto 6.2.3.3- 2

Canasta de Alambre



Foto 6.2.3.3- 3

Recipiente para Inmersión



Foto 6.2.3.3- 4

6.2.3.4 Procedimiento

Se toman 5000 gramos de agregado que retenga el tamiz de 4.75mm (No.4), lo lavamos y lo dejamos sumergido en agua durante 24 horas.



Foto 6.2.3.4- 1

Pasadas las 24 horas, sacamos la muestra del agua y lo secamos con un trapo hasta que se eliminen las películas de agua visible, introducimos la muestra en un recipiente de masa conocida y pesamos el conjunto, esta es la masa de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente.



Foto 6.2.3.4- 2



Foto 6.2.3.4- 3

Ahora introducimos la canasta en el agua y la pesamos, esto se hace ya que por medio de un gancho el cual conecta la canasta a la balanza, podemos registrar el peso de la canasta sumergida, colocamos el agregado dentro de la canasta y la sumergimos y registramos este valor, así obtenemos el peso del agregado sumergido.



Foto 6.2.3.4- 4

Pesada la muestra la introducimos en el horno a una temperatura entre 100°C y 110°C hasta que su masa sea constante, la sacamos y dejamos enfriar hasta temperatura ambiente y determinamos la masa de la muestra seca.



Foto 6.2.3.4- 5

6.2.3.5 Cálculos

Densidad Nominal:

$$D_n = M / (M - M_i)$$

- M= Masa de la muestra seca.
- M_i = Masa de la muestra sumergida en agua.

Densidad Aparente saturada y superficialmente seca:

$$D_{SSS} = M_s / (M_s - M_i)$$

- M_i = Masa de la muestra sumergida en agua.
- M_s = Masa de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente.

Densidad Aparente:

$$D_a = M / (M_s - M_i)$$

- M= Masa muestra seca.
- M_i = Masa de la muestra sumergida en agua.
- M_s = Masa de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente.

Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ absorción} = [(M_s - M) / M] * 100$$



6.2.3.6 Informe

- Procedencia y descripción.
- Peso total de la muestra.
- Peso del recipiente.
- Peso de la canastilla.
- Peso de la muestra seca.
- Peso de la muestra superficialmente seca.
- Peso de la muestra sumergida.
- Densidad nominal.
- Densidad aparente saturada y superficialmente seca
- Densidad aparente
- Porcentaje de absorción.



ANEXO# 13 (FORMATO)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARACTERIZACION DE MATERIALES II
 DENSIDAD Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS
 NTC-176

Elaborado Por: _____

Fecha: _____

AGREGADOS GRUESOS

Peso Canastilla		gr
Peso recipiente		gr

	<i>M</i>	<i>Ms</i>	<i>Mi</i>	$M/(Ms-Mi)$	$Ms/(Ms-Mi)$	$M/(M-Mi)$	$[(Ms-M)/M]*100$
Muestra	Masa Muestra Seca (gr)	Masa Muestra Superficialmente Seca (gr)	Masa Muestra Sumergida (gr)	Densidad Aparente (gr/cm ³)	Densidad Aparente SSS (gr/cm ³)	Densidad Nominal (gr/cm ³)	Absorción (%)
1							
2							
3							
			PROMEDIO				

6.2.4 METODO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO Y LA ABSORCION DE AGREGADOS FINOS (NTC 237)

6.2.4.1 Objetivo

Establecer el método para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.

6.2.4.2 Se usa

Para seleccionar las proporciones adecuadas en el diseño de mezclas de concreto.

6.2.4.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 6.2.4.3- 1

Probeta



Foto 6.2.4.3- 2

Molde metálico



Foto 6.2.4.3- 3

Pisón metálico



Foto 6.2.4.3- 4

6.2.4.4 Procedimiento

Tomamos 1000 gramos de material que pase por el tamiz No. 4 y la sumergimos en agua por 24 horas, pasado el tiempo de inmersión ponemos a secarla en una bandeja con ayuda de un ventilador, se agita con frecuencia para conseguir un secado uniforme.



Foto 6.2.4.4- 1



Foto 6.2.4.4- 2



Cuando estén sueltos los agregados finos, se pone en la bandeja el cono y se coloca la muestra, en el momento que esté lleno apisonamos con 25 golpes, alisamos la superficie y quitamos el molde verticalmente sin girarlo. Si el cono no se derrumba significa que todavía está húmedo el material, se debe repetir esta operación hasta que el cono formado por la muestra se derrumbe parcialmente al separar el molde, esto indica que está en una condición de saturado y seco superficialmente.



Foto 6.2.4.4- 3

Se introducen 500 gramos de la muestra en la probeta, y se llena esta con agua a 20°C con agua hasta cerca de 500 cm³; giramos la probeta para eliminar las burbujas de aire. Luego de esto se debe obtener el peso de todo el conjunto (muestra dentro del picnómetro con el agua).



Foto 6.2.4.4- 4



Foto 6.2.4.4- 5

Una vez pesado lavamos la probeta y la llenamos con agua hasta 500 cm³ y la pesamos, para efectos de los cálculos que se deben realizar. Tomamos varias muestras del material y lo ponemos en el horno a una temperatura entre 100°C - 110°C por 24 horas para luego pesar la muestras y obtener el peso seco del material.



Foto 6.2.4.4- 6

6.2.4.5 Cálculos

Peso Específico:

$$P_e = G / [V - G_a - (500 - G)]$$

- G = Peso de la muestra seca (gr).
- G_a = Peso del agua que se añadió para completar el volumen de la probeta, en gramos o centímetros.
- V = Volumen de la probeta en cm^3

Peso Unitario Seco:

$$P_m = G / (V - G_a)$$

Peso Unitario Saturado y de Superficie Seca:

$$P_s = 500 / (V - G_a)$$

Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ absorción} = [(500 - G) / G] * 100$$



6.2.4.6 Informe

- Procedencia y descripción.
- Peso total de la muestra.
- Volumen de la probeta.
- Peso del agua que se añadió para completar el volumen de la probeta.
- Peso específico.
- Peso unitario seco.
- Peso unitario saturado y superficie seca.
- Porcentaje de absorción.



ANEXO# 14 (FORMATO)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARACTERIZACION DE MATERIALES II
 DENSIDAD Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS
 NTC-237

Elaborado Por: _____

Fecha: _____

AGREGADOS FINOS

Peso Picnometro	_____	gr
Peso Taza	_____	gr

	G	V	G_a	500	$G/(V-(500-G)-G_a)$	$500/(V-G_a)$	$G/(V-G_a)$	$[(500 - G)/G]*100$
Muestra	Masa Muestra Secada en Horno (gr)	Masa Picnometro con Agua (gr)	Masa Picnometro con Muestra y Agua (gr)	Masa Muestra Superficialmente Seca (gr)	Densidad Aparente (gr/cm ³)	Densidad Aparente SSS (gr/cm ³)	Densidad Nominal (gr/cm ³)	Absorción (%)
1								
2								
3								
PROMEDIO								

6.2.5 DISEÑO DE MEZCLA (ACI-211)

6.2.5.1 Objetivo

Establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto a fin de obtener la trabajabilidad, resistencia durabilidad requerida.

Obtener una mezcla económica pero con la resistencia necesaria para la obra a realizar.

6.2.5.2 Se usa

Para obtener una mezcla económica pero con la resistencia necesaria para la obra a realizar y no presente problemas en su aplicación y finalidad.

6.2.5.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes:

- PROBETA

Balanza (Capacidad 15 Kg)



Foto 6.2.5.3- 1

Material Aislante (Grasa ó Aceite)



Foto 6.2.5.3- 2

Materiales para elaboración de la probeta (Cemento, Agregado Fino, Agregado grueso y Agua)



Foto 6.2.5.3- 3

Varilla Compactadora



Foto 6.2.5.3- 4

Molde del Cilindro



Foto 6.2.5.3- 5

Palustre



Foto 6.2.5.3- 6

Probeta

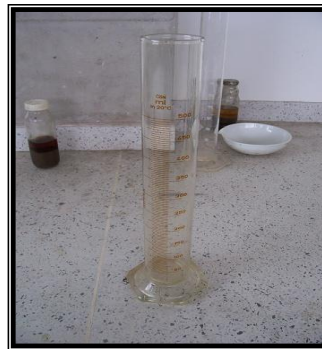


Foto 6.2.5.3- 7

Recipiente para Mezclar



Foto 6.2.5.3- 8

6.2.5.4 Procedimiento

Seleccionamos el asentamiento de acuerdo a la obra a realizar, según la tabla 6.2.5.4-1, la cual indica la obra y el valor del asentamiento permisible para esta; estos valores deben ampliarse en 2.5 cm si el método de compactación es diferente a la vibración.

ASENTAMIENTO RECOMENDADOS PARA CONCRETOS DE DIFERENTES GRADOS DE MANEJABILIDAD		
CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO (cm)	TIPO DE ESTRUCTURA Y CONDICIONES DE COLOCACION
Muy Seca	0 - 2,0	Pilares o vigas prefabricadas de alta resistencia, con vibradores de formaleta
Seca	2,0 - 3,5	Pavimentos con maquina terminadoras vibratoria
Semi-Seca	3,5 - 5,0	Pavimentos con vibradores normales. Construcciones en masas voluminosas losas medianamente reforzadas con vibración
Media	5,0 - 10,0	Pavimentos compactados a mano. Losas medianamente reforzadas, con mediana compactación, columnas, vigas, fundaciones y muros reforzados con vibración.
Húmeda	10,0 - 15,0	Revestimiento de túneles. Secciones con demasiado refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Normalmente no es apropiado para compactarlo con demasiada vibración.

Tabla 6.2.5.4- 1

Determinamos el tamaño máximo del agregado, el cual ya conocemos por el ensayo de granulometría (NTC 77), mencionado anteriormente y de acuerdo a la obra a ejecutar como lo indica la tabla 6.2.5.4-2.

TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCION				
DIMENSION MINIMA DE LA SECCION (cm)	TAMAÑO MAXIMO EN plg (mm)			
	MUROS REFORZADOS, VIGAS Y COLUMNAS	MUROS SIN REFUERZO	LOSAS MUY REFORZADAS	LOSAS SIN REFUERZO O POCO REFORZADAS
6 - 15	1/2"(12) 3/4"(19)	3/4" (19)	3/4"(19)-1"(25)	3/4"(19)- 1 1/2"(38)
19 - 29	3/4"(19)- 1 1/2"(38)	1 1/2" (38)	1 1/2" (38)	1 1/2"(38)- 3"(76)
30 - 74	1 1/2"(38)-3"(76)	3" (76)	1 1/2"(38)- 3"(76)	3" (76)
75 o mas	1 1/2"(38)-3"(76)	6" (152)	1 1/2"(38)- 3"(76)	3"(76)-6"(152)

Tabla 6.2.5.4- 2

Estimamos el contenido de agua (A) y aire que se requiere para producir un asentamiento dado, basándonos en la tabla 6.2.5.4-3, en la cual entramos con el asentamiento seleccionado y el tamaño máximo obtenido en la granulometría del agregado para obtener la cantidad de agua.

AGUA EN KILOGRAMOS POR METRO CUBICO DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS MAXIMOS DE AGREGADO INDICADOS							
ASENTAMIENTO (cm)	CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO						
	10 mm	13 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm	75 mm
3 a 5	205	200	185	180	160	155	145
8 a 10	225	215	200	195	175	170	180
15 a 18	240	230	210	205	185	180	170
Contenido de aire, por ciento	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO							
ASENTAMIENTO (cm)	10 mm	13 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm	75 mm
	3 a 5	180	175	165	160	145	140	135
8 a 10	200	190	180	175	165	155	150
15 a 18	215	205	190	185	170	165	160
Contenido de aire, por ciento	8	7	6	5	4,5	4	3,5

Tabla 6.2.5.4- 3

Determinamos la resistencia de la mezcla a partir de la tabla 6.2.5.4-4, donde aparecen los coeficientes de variación según el grado de control y la clase de operación.

COEFICIENTES DE VARIACION PARA DIFERENTES CONTROLES				
CLASE DE OPERACIÓN	GRADO DE CONTROL			
	Excelente	Buena	Regular	Pobre
Construcción en general	10	10-15	15-20	20
Laboratorio	5	5-7	7-10	10

Tabla 6.2.5.4- 4

Debemos seleccionar la relación agua/cemento no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado, para esto nos guiaremos de los datos de la tabla 6.2.5.4-5 que son valores relativamente seguros para concretos que contengan cemento Portland tipo I y condiciones estándar de laboratorio.

RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO Y LA RELACION AGUA/CEMENTO				
RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS EN Kg/cm ²	RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA PERMISIBLE			
	Concreto sin aire		Concreto con aire	
	Relación absoluta por peso	Litros por saco de cemento de 50 Kg	Relación absoluta por peso	Litros por saco de cemento de 50 Kg
175	0,65	32,4	0,54	27
210	0,58	29,3	0,46	23
245	0,51	25,7	0,4	20
250	0,44	22,2	0,35	17,7
315	0,38	19,1	0,3	15,1
350	0,31	15,1		

Tabla 6.2.5.4- 5

Una vez obtenemos estos datos podemos calcular el contenido de cemento por unidad de volumen de concreto, dado el caso no tengamos la cantidad de agua podemos asumir que para 1 m³ de concreto equivalen 200 kg de agua.

$$C = A / (A / C)$$

Esta cantidad de cemento se debe dividir entre el peso específico de él, que viene indicado en el empaque según la marca y características de cada uno, para así obtener la cantidad de volumen de cemento a utilizar.

Calculada la cantidad de cemento, debemos estimar la cantidad de agregado grueso, para esto necesitamos la masa unitaria compactada que se ha calculado como ya se menciona en el laboratorio de masa unitaria de los agregados (NTC

92) y la densidad aparente la cual también se calculo en el ensayo de densidad y absorción de los agregados gruesos (NTC 176).

$$b = (b / b_0) \times b_0$$

- b = volumen absoluto de agregado grueso por volumen unitario de concreto.
- b / b_0 = volumen seco y compactado de agregado grueso por volumen unitario de concreto (se obtiene de la tabla 6.2.5.4-6).
- b_0 = relación entre la masa unitaria seca y compactada y la densidad aparente seca del agregado grueso.

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO				
Tamaño máximo de agregados (mm)	Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena.			
	2,4	2,6	2,8	3
10	0,5	0,48	0,45	0,44
13	0,59	0,57	0,55	0,53
20	0,66	0,64	0,62	0,6
25	0,71	0,69	0,67	0,65
40	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,81	0,79	0,77	0,75
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Tabla 6.2.5.4- 6

Al terminar el paso anterior, todos los ingredientes del concreto están estimados, a excepción del agregado fino. Esta cantidad se determina por la diferencia entre el volumen total de la mezcla (1 m^3) y la suma de los volúmenes de cemento, agregado grueso y agua.

$$\text{Agregado fino} = 1000 - (\text{agua} + \text{agregado grueso} + \text{cemento})$$

Tomamos todas las proporciones de material que obtuvimos y lo multiplicamos por el volumen del molde, para así obtener la cantidad de material que vamos a necesitar para realizar una probeta con esas dimensiones.

Estas proporciones deben verificarse por medio de los ensayos de asentamiento y resistencia los cuales mas adelante explicare, dado el caso no se produjera el asentamiento requerido con esta cantidad de agua, deben ajustarse las otras cantidades (cemento, agregado grueso y fino) al nuevo contenido de agua con el cual si dio el asentamiento requerido.

6.2.6 Asentamiento

Con las primeras cantidades calculadas, hacemos la mezcla, pesamos cada uno de los materiales y engrasamos el molde con un material aislante para que el concreto no se pegue.

Tomamos una bandeja plana y colocamos en ella el agregado fino, le hacemos un hoyo en el centro donde vertiremos el cemento y mezclamos hasta hacerlo lo más homogéneo posible.

Cuando ya esté mezclado hacemos nuevamente un hoyo en el centro y ponemos el agregado grueso y mezclamos. Una vez lista vertimos el agua sobre la mezcla y revolvemos hasta que quede homogéneo.

Dejamos de mezclar y tomamos el cono metálico en el cual pondremos la mezcla en tres (3) capas iguales y cada capa se compactara con 25 golpes, en el momento que esté lleno enrasamos y retiramos el molde verticalmente sin hacerlo girar.

Ponemos el molde invertido al lado del cono de mezcla que quedo formado, colocamos la varilla o una regla sobre el molde de tal forma que se pueda ver la diferencia de alturas entre el borde del molde y el cono de mezcla, que sería el asentamiento, medimos y verificamos si cumple con el seleccionado en nuestro diseño de mezcla.

En caso que este no cumpliera y le adicionáramos más agua a la mezcla u otro material, debemos ajustar las cantidades de los otros materiales, de igual forma como se calcularon.

Obtenido el asentamiento y recalculadas las cantidades de material debemos realizar la probeta para luego fallarla por compresión.

6.2.6.1 Elaboración de la probeta

La mezcla se hace de igual forma como la elaboramos para calcular el asentamiento, ahora no la vertimos en el cono sino en el molde en tres (3) capas iguales, donde compactaremos cada capa con 25 golpes en el interior y 15 en los lados, la enrasamos con ayuda de la espátula y dejamos en un lugar fresco por 16 horas mínimo.

Pasado el tiempo desencoframos y sumergimos en el agua por un periodo de 7, 14 o 28 días según lo requiramos para ensayarlo a compresión como lo indicamos a continuación.

6.2.7 ENSAYO DE RESISTENCIA Y COMPRESION PARA CILINDROS NORMALES DE HORMIGON (NTC 673)

6.2.7.1 Objetivo

Determinar la resistencia a compresión de cilindros normales de hormigón. (Diámetro = 150mm y altura = 300mm± 6mm).

6.2.7.2 Se usa

Para verificar la resistencia a compresión del cilindro de hormigón, el cual se elaboro con la mezcla diseñadas por el método anteriormente expuesto.

6.2.7.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Placas de apoyo



Foto 6.2.8.3- 1

Maquina de ensayo

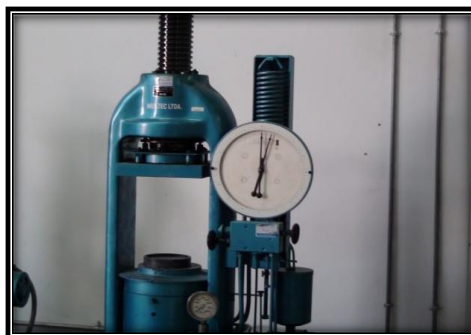


Foto 6.2.8.3- 2



6.2.7.4 Procedimiento

Limpiamos las placas de apoyo y las bases del cilindro, lo colocamos sobre la base inferior de tal manera que se alinee su eje con el de la rotula de la placa superior, ya ubicado el cilindro bajamos el vástago de la maquina hasta que haga contacto con la placa superior.



Foto 6.2.7.4- 1

Aplicamos la carga de forma continua, evitando impactos. Se continúa aplicando la carga hasta que el cilindro falle y se anote el valor de la carga máxima, si esta cumple con la requerida en el diseño podemos dar por concluido la dosificación de una mezcla de concreto. (Ver formato definitivo de Diseño de mezcla, después del formato del ensayo de compresión).



Foto 6.2.7.4- 2



6.2.7.5 Cálculos

Área de la sección transversal del cilindro.

$$A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

- ϕ = Diámetro de la probeta de hormigón.
- A= Área efectiva.

Resistencia a compresión.

$$\sigma \left(\frac{kgf}{cm^2} \right) = \frac{P \text{ ultima } [kgf]}{A \text{ efectiva } [cm^2]}$$



- P ultima= Es la carga ultima donde el cilindro fallo.
- σ = Resistencia a la compresión.

6.2.7.6 Informe

- Número de identificación del cilindro.
- Edad del cilindro.
- Resistencia a la compresión. [Mpa/Kgf/cm²].
- Tipo de fractura.
- Defectos del cilindro.



ANEXO# 16 (FORMATO)

		<p>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL CARACTERIZACION DE MATERIALES II DOSIFICACION DE CONCRETOS ACI-211</p>
INFORME DEL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO		
SOLICITANTE _____		FECHA _____
RESISTENCIA SOLICITADA _____	PSI _____	kg/cm ² , a los 28 días
CONSISTENCIA REQUERIDA _____		PULGADAS DE SLUMP
RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS AGREGADOS		
AGREGADO GRUESO:		
Descripción y procedencia _____		

Peso específico (SSS)	_____	kg/m ³
Peso Unitario (SSS)	_____	kg/m ³
Adsorción Máxima	_____	%
Tamaño Máximo	_____	Pulgadas
AGREGADO FINO:		
Descripción y procedencia _____		

Peso específico (SSS)	_____	kg/m ³
Peso Unitario (SSS)	_____	kg/m ³
Adsorción Máxima	_____	%
Modulo de Finura	_____	
DISEÑO POR METRO CUBICO DE CONCRETO		
	Peso, kg	Volumen Ltrs.
Agua	_____	_____
Cemento, Portland tipo I	_____	_____
Agregado Fino	_____	_____
Agregado Grueso	_____	_____
Proporciones:		
Nota: _____		

_____	_____	_____
Diseño		Revisó

REFERENCIAS

- INCONTEC 32 TAMICES DE ENSAYO DE TEJIDO DE ALAMBRE.
- INCONTEC 78 DETERMINACION DEL PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ 74 μ EN LOS AGREGADOS PARA HORMIGON, METODO DE LAVADO.
- INCONTEC 129 AGREGADOS PETREOS. EXTRACCION Y PREPARACION DE MUESTRAS.
- COPANT 3:2-002 AGREGADOS O ARIDOS. ANALISIS GRANULOMETRICO.
- ASTM C29-69 METHOD OF TEST FOR UNIT WEIGHT OF AGREGGATE.
- ASTM C-127 SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE.
- ASTM C-128 SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE.
- UNE 7083 DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO Y DE LA ABSORCION EN GRAVAS Y ARENAS.
- INCONTEC 550 CILINDROS DE HORMIGÓN TOMADOS EN LAS OBRAS PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN. ELABORACIÓN Y CURADO.
- ASTM C-39-66 COMPRESSIVE STRENGTH OF MOLDED CONCRETE CYLINDERS.

7. CONSOLIDACIÓN DE SUELOS

7.1 CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE LOS SUELOS (INV E-151-07).

Introducción

Se denomina consolidación de un suelo a un proceso de reducción de volumen de los suelos finos cohesivos (arcillas y limos plásticos), provocado por la actuación de solicitaciones (cargas) sobre su masa y que ocurre en el transcurso de un tiempo generalmente largo.

Al observar los depósitos de material muy suaves situados en el fondo de una masa de agua, por ejemplo un lago, se nota que el suelo reduce su volumen conforme pasa el tiempo y aumentan las cargas sobre el suelo, se les llama proceso de consolidación.

Frecuentemente ocurre que durante el proceso de consolidación permanece esencialmente igual la posición relativa de las partículas sólidas sobre un mismo plano horizontal. Así, el movimiento de las partículas de suelo puede ocurrir sólo en la dirección vertical, proceso denominado consolidación unidimensional.

La consolidación de un suelo es un proceso lento, puede durar meses y hasta años. Es un proceso asintótico, es decir, que al comienzo es más veloz, y se va haciendo cada vez más lento, hasta que el suelo llega a una nueva situación de equilibrio en la que ya no se mueve.

El no tomar en cuenta este posible movimiento del suelo al proyectar una estructura sobre él puede llevar a consecuencias catastróficas tales como la inclinación, figuración e incluso el colapso de la misma. En muchos casos es necesario pre-consolidar el suelo antes de proceder a la construcción de una obra importante, como puede ser, por ejemplo, un edificio o una carretera. La preconsolidación se hace cargando el terreno con un peso semejante o mayor que el que deberá soportar una vez construida la obra, para esto se deposita en la zona interesada una cantidad de tierra con el peso equivalente de la obra.

7.1.1 Objetivo

Determinar la rata y la magnitud de la consolidación de muestras de suelos cuando se confinan lateralmente y se drenan axialmente mientras se someten a incrementos controlados de esfuerzo vertical.

7.1.2 Se usa

Para hacer un estimativo tanto de la rata, como de la magnitud del asentamiento diferencial y/o total, de una estructura o de un relleno. Estas apreciaciones suelen tener una importancia decisiva para elegir el tipo de fundación y evaluar su conveniencia.

7.1.3 Materiales y equipos

Se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Consolidómetro



Foto 7.1.3- 1

Caja de Consolidación



Foto 7.1.3- 2

Componente del Dispositivo de Carga



Foto 7.1.3- 3

Piedras Porosas



Foto 7.1.3- 4

Balanza



Foto 7.1.3- 5

Horno



Foto 7.1.3- 6

Extensómetro



Foto 7.1.3- 7

Recipientes



Foto 7.1.3- 8

Cronometro



Foto 7.1.3-9

7.1.4 Procedimiento

Muestra Inalterada

Se selecciona un sitio representativo del área de prueba que esté libre de la capa orgánica, tomamos un tubo de PVC al cual en un extremo le hacemos una cuña para poder hundirlo en el hoyo previamente excavado, una vez el tubo incrustado derramamos cera sobre la superficie para conservar las condiciones de humedad natural.



Foto 7.1.4-1



Foto 7.1.4-2

Sacamos el tubo excavando a su alrededor, una vez afuera derramamos cera sobre la otra cara para conservar la humedad natural mientras se transporta, para fallar la muestra cortamos un pedazo de tubo que tenga un espesor mayor que el del anillo de consolidación.



Foto 7.1.4- 3



Foto 7.1.4- 4

Pesamos el anillo y lo introducimos dentro de la rebanada, retiramos el suelo excedente y pesamos el conjunto anillo mas muestra.



Foto 7.1.4- 5



Foto 7.1.4- 6

Humedecemos las piedras porosas y el papel filtro si el suelo está parcialmente saturado o las mantenemos secas si es suelo expansivo.

Ensamblamos la caja de consolidación colocando la muestra entre el papel de filtro y las piedras porosas.



Foto 7.1.4- 7



Foto 7.1.4- 8

Coloque la caja de consolidación en el dispositivo de carga poniendo sobre la muestra el disco móvil de acero para uniformizar la carga, también debemos colocar el deformímetro en el aparato de carga con su dispositivo para sujetarse.



Foto 7.1.4- 9

Aplicamos una carga de asentamiento de 5 KPa (100 lb/ft²) para suelos firmes y de 2 o 3 KPa (alrededor de 50 lb/ft²) para suelos blandos, (para producir estas presiones se deben aplicar cargas de 160 y 80 g respectivamente), una vez aplicada la carga de asentamiento llenamos con agua la caja de consolidación y dejamos que la muestra se sature.

Colocamos cargas sobre el consolidómetro para obtener presiones sobre el suelo de aproximadamente 30.40, 61.80, 123.60, 248.20, 495.40, 991.80, etc. KPa, (para producir esta presiones debemos aplicar cargas de 1, 2, 4, 8, 16, 32 Kg respectivamente). Antes de aplicar un incremento de presión, registramos la altura de la muestra.



Foto 7.1.4- 10

La duración de cada incremento de carga debe ser de 24 horas. Inmediatamente aplicamos cada incremento de carga, ponemos en marcha el cronometro y registramos las lecturas de deformación de la muestra a intervalos de 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15 y 30 minutos y 1, 2, 4, 8, y 24 horas. Una vez tomamos la última lectura con el último incremento de carga, empezamos a descargar el suelo con reducciones.

Para disminuir la expansión durante la descarga, deberemos descargar la muestra hasta la carga establecida de 5 KPa (100 lb/ft²) para suelos blandos. Una vez que se ha concluido el ensayo, quitamos la carga final y desarmamos rápidamente la caja de consolidación.



Foto 7.1.4- 11

Pesamos la muestra extraída de la caja de consolidación (M_{Tf}) pesando el conjunto anillo mas muestra y restando la masa del anillo. Secamos la muestra en el horno hasta una masa constante a una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$, pesamos su masa seca (M_{Sf}) y determinamos el contenido de humedad final, (W_f).



Foto 7.1.4- 12

7.1.5 Cálculos

A partir de los incrementos de carga para los cuales se obtienen las lecturas del tiempo, se dibujan las curvas: asentamiento contra el logaritmo del tiempo (en minutos) y contra la raíz cuadrada del tiempo, (en minutos), por cada incremento de carga a medida que progresa el ensayo, y para los decrementos del rebote. (Ver figura 7.1.5-1 y 7.1.5-2)

Curva asentamiento – logaritmo del tiempo ($\text{Log}_{10}t$). (Fuente: Instituto Nacional de Vías, Norma INVIAS E-151-07).

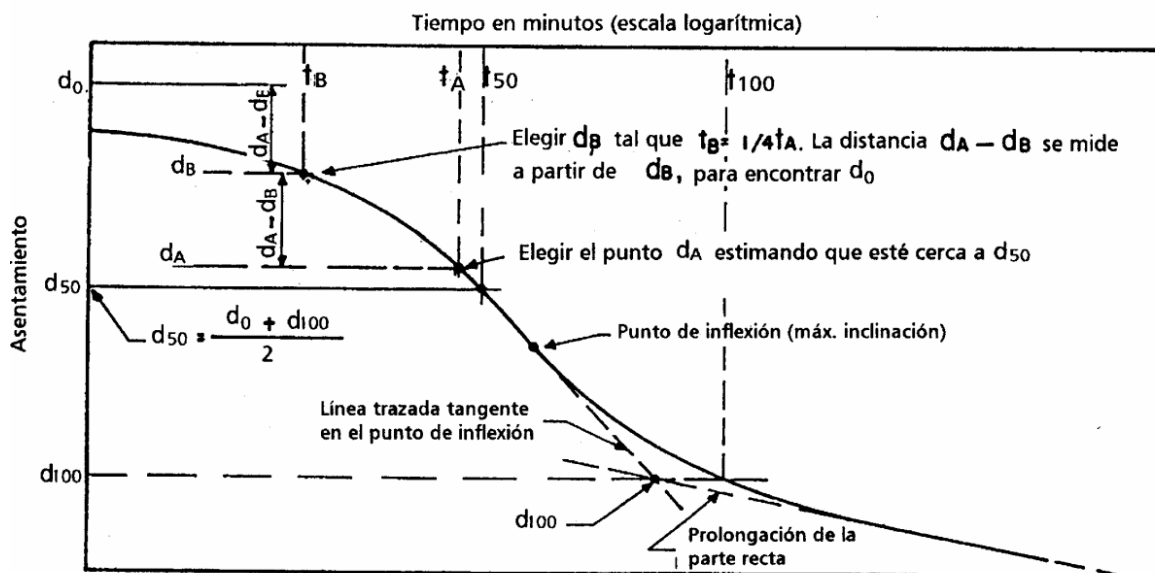


Figura 7.1.5- 1



Curva asentamiento – raíz cuadrada del tiempo (\sqrt{t}). (Fuente: Instituto Nacional de Vías, Norma INVIAS E-151-07).

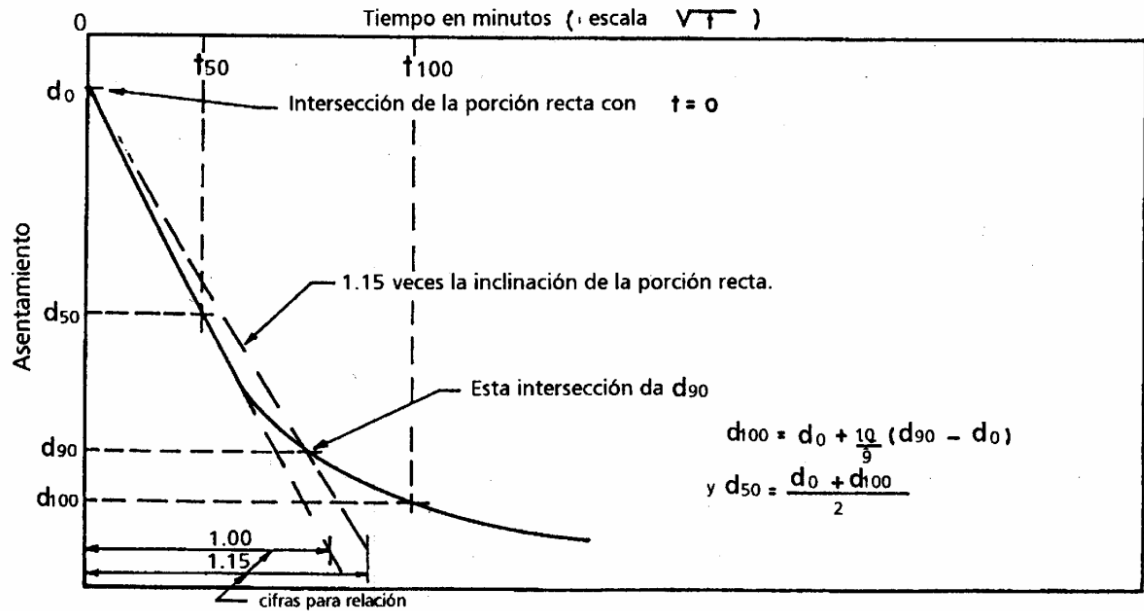


Figura 7.1.5- 2

Para cada incremento de carga en el cual se obtuvieron lecturas de tiempo asentamiento, se calcula el coeficiente de consolidación, C_v , así:

$$C_v = \frac{0.05 H^2}{t_{50}}$$

Donde:

- H = altura de la muestra en metros (pies) para una muestra con drenaje doble al 50 % de consolidación,
- T_{50} = tiempo para el 50 % de consolidación en años, y
- C_v = coeficiente de Consolidación en $m^2/año$ ($pies^2/año$).

Si H está en mm y t en segundos o minutos, C_v quedará expresado en mm^2/s o mm^2/min , respectivamente, y será preferible hacer la conversión a unidades más convenientes.

Se puede emplear un procedimiento alternativo que requiere un gráfico de deformación contra t para determinar los puntos del 0 y 100 % de consolidación, así como el coeficiente de consolidación para cada incremento. La parte inicial de la curva se aproxima mediante una línea recta. Se extrapola la línea hasta $t = 0$. La correspondiente ordenada de deformación representa el 0 % de la consolidación primaria. Se dibuja una segunda línea recta a través de este punto de manera que la abscisa de esta línea sea 1.15 veces la abscisa de la aproximación en línea recta de la parte inicial de la curva. La intersección de esta nueva línea con la curva de deformación-raíz cuadrada del tiempo corresponde al 90 % de consolidación primaria. La deformación al 100 % de la consolidación primaria es $1/9$ mayor que la diferencia entre las deformaciones a 0 y 90 % de consolidación. Análogamente, la deformación al 50 % de consolidación primaria es $5/9$ de la diferencia en las deformaciones entre el 0 y el 90 % de consolidación. (Ver Figura 7.5-2).

Las deformaciones correspondientes al 50 % y 100 % de consolidación deberán calcularse así:

$$D_{50} = D_o + \frac{5}{9} (D_{90} - D_o)$$

$$D_{100} = D_o + \frac{10}{9} (D_{90} - D_o)$$

D_o , D_{50} , D_{100} serán las deformaciones correspondientes al 0 %, 50 % y 100 % de consolidación.

El coeficiente de consolidación se puede hallar entonces a partir del tiempo del 90 % de consolidación así.

$$C_v = \frac{0.21 H^2}{t_{90}}$$

Donde:

- H = espesor de la muestra en m (pies) para una muestra con drenaje doble,
- t_{90} = tiempo para el 90 % de consolidación en años, y
- C_v = coeficiente de consolidación, en $m^2/año$ ($pies^2/año$).

Si H está en milímetros y t en segundos o minutos, las unidades de C_v serán mm^2/seg o mm^2/min respectivamente y será conveniente la conversión a unidades más adecuadas. Si se desea, se puede emplear también el método de la raíz cuadrada del tiempo para obtener un valor de t_{90} .

Para cada incremento de carga se deberán calcular, además los siguientes

Valores:

$$C_i = D_{100} (\text{carga anterior}) - D_0 (\text{carga en análisis})$$

$$C_T = D_{100} (\text{carga anterior}) - D_{100} (\text{carga en análisis})$$

$$\%CI = \frac{C_i}{C_T} \times 100$$

Donde:

- C_i = consolidación inicial, y
- C_T = consolidación total.

Se calcula la relación inicial de vacíos, la humedad, la masa unitaria y el grado de saturación, con base en la masa seca de la muestra total. El volumen de la muestra se calcula a partir del diámetro y de la altura del anillo. El volumen del suelo se calcula dividiendo la masa seca de la muestra por la densidad específica a del suelo multiplicado ésta por la masa unitaria del agua. Se supone que el volumen de vacíos es la diferencia entre el volumen de la muestra y el volumen de los sólidos.

Se calcula la relación de vacíos correspondiente al 100 % de la consolidación primaria (empleando las lecturas de asentamientos corregidas para cada carga). A manera de alternativa, se calcula el porcentaje de compresión al 100 % de la consolidación primaria para cada carga a partir de la altura inicial de la muestra. Como segunda alternativa, se calcula la relación de vacíos (o valores del porcentaje de compresión) empleando los valores de deformación obtenidos después de un intervalo de tiempo escogido, el cual incluirá alguna parte de consolidación secundaria; dicho intervalo deberá ser el mismo para cada incremento de carga. Sin embargo, si el valor de "equilibrio" escogido es diferente al punto del 100 % de la consolidación primaria, se deberá incluir una anotación al respecto con los resultados del ensayo. Es de observar que la segunda alternativa, atrás citada, se traducirá en valores algo más bajos de la carga de preconsolidación que las obtenidas cuando se emplean puntos del 100 % de la consolidación primaria.

7.1.6 Informe

- Identificación y descripción de la muestra, con indicación de si el suelo es inalterado, remoldeado, compactado o preparado de manera diferente.
- Humedades inicial y final.
- Masa unitaria seca y masa unitaria húmeda, inicial y final.
- Grado inicial de saturación.
- Densidad específica a del suelo o límites de Atterberg y datos de granulometría si se obtuvieron.
- Dimensiones de la muestra.
- Condiciones del ensayo (humedad natural o con saturación, presión de saturación).
- Procedimiento usado para la preparación en relación con el corte: establecer si la muestra fue desbastada, obtenida directamente por extrusión dentro del anillo, o ensayada directamente en un anillo proveniente de un tubo de muestreador.
- Gráficos del logaritmo y la raíz cuadrada del tiempo contra los asentamientos, como se indica en los gráficos para cada uno de los incrementos de carga en las cuales se hicieron lecturas de tiempo-asentamiento. Para suelos orgánicos o altamente micáceos, u otros suelos con apreciable consolidación secundaria, es recomendable que el gráfico del logaritmo del tiempo, se extienda de manera que quede incluida la zona de la consolidación secundaria.

- Se dibuja la curva de relación de vacíos contra el logaritmo de la carga y se indica en ésta la carga de preconsolidación obtenida mediante el procedimiento gráfico y también el índice de compresión C_c o pendiente de la parte recta.
- Se puede dibujar opcionalmente un gráfico de deformación unitaria contra el \log_{10} de la carga. Este gráfico es idéntico en cuanto a forma a la curva e vs. $\log_{10} p$, pero la pendiente de la parte recta de la misma se denomina relación de compresión C'_c .
- Cuando se desean conocer las características de expansión, se deberán dibujar las mismas curvas que para la consolidación.
- En caso de que las lecturas de la rata de consolidación hayan sido tomadas para varios incrementos de carga, se deberá dibujar un gráfico del coeficiente de consolidación contra el log. de la carga. Se deberá anotar el método usado para el cálculo de C_v . Si inicialmente se obtienen lecturas para algunos incrementos de carga, se tabulan simplemente los valores de C_v contra la carga promedio para el incremento.
- Se deberán anotar todas las desviaciones a partir del procedimiento delineado, incluyendo secuencias especiales de cargas. Por ejemplo, puede ser deseable inundar y cargar la muestra de acuerdo con la trayectoria de humedecimiento y carga esperada en el terreno. Relaciones más pequeñas que los incrementos normales de carga pueden ser deseables también para suelos altamente sensibles o cuyo comportamiento dependa en gran parte de la rata de deformación.

REFERENCIAS

- AASHTO T 216 0 – 03 Standard Method of Test for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils.
- ASTM D 2435 – 90 Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading.

RECOMENDACIONES GENERALES

Para el normal y adecuado desarrollo de las prácticas de laboratorio, se debe contar con equipos en buen estado, calibrados y con todos sus accesorios completos.

El ensayo de viscosidad de un asfalto se realiza con mucha frecuencia para este tipo de prácticas, y para la ejecución de este es necesario adquirir un viscosímetro capilar de vacío, para el buen desarrollo del programa académico de la asignatura.

Con el desarrollo de nuevas tecnologías es de vital importancia la actualización no solo en la parte teórico si no en la práctica, para así de esta forma mantener los laboratorios acorde a las necesidades actuales.

CONCLUSIONES

Se recopiló información necesaria para enfocar al estudiante sobre los diferentes tipos y características de los materiales usados como objeto de estudio de la materia Caracterización de Materiales II.

Se elaboró un Manual escrito en el cual fueron incluidas las prácticas de laboratorio de la Materia caracterización de Materiales II, bajo los parámetros establecidos por las normas INV y NTC, las cuales instauran la técnica adecuada para la realización de cada ensayo según la especificación requerida.

Se elaboró un Video como material de Apoyo Audiovisual para el Desarrollo de los Laboratorios de Caracterización de Materiales II.

Se generó una ayuda didáctica a través del video recopilatorio, el cual servirá de apoyo para la realización de pruebas y ensayos requeridos, permitiéndole al estudiante familiarizarse con la identificación física y mecánica de los materiales de construcción utilizados en el contexto de las obras, mediante el reconocimiento de las características propias de los mismos.

Se recopilaron formatos base para la presentación de informes de los ensayos contenidos en la materia Caracterización de Materiales II.