

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad De Ingeniería Civil



**DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE ADHESIVIDAD
POR TRACCIÓN INDIRECTA EN MEZCLAS
ASFÁLTICAS COMPACTADAS**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Nilthson Noreña Valverde

Lima – Perú

2008

Índice de figuras	1
Índice de tablas	3
Glosario	5
Resumen	6
Introducción	7
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
Capítulo I: Estado del arte	9
Capítulo II: Marco teórico	17
2.1 Adhesividad	17
2.2 Problemas de adherencia	18
2.2.1 Exudación, agrietamiento y corrimiento	18
2.2.2 Desgaste	19
2.2.3 Fallas localizadas	19
2.3 Causas de la susceptibilidad a la presencia del agua	21
2.4 Consideraciones sobre la composición del cemento asfáltico y su influencia en la adhesión.	21
2.4.1 Características químicas del cemento asfáltico de petróleo (CAP)	21
2.4.2 Interacciones químicas entre el asfalto y el agregado.	25
2.5 Características de los agregados que influyen en la adhesividad.	28
2.5.1 Características químicas y geológicas.	28
2.5.2 Área superficial y porosidad.	30
2.5.3 Presencia de arcilla y material pulverulento en la superficie del agregado.	31
2.5.4 Presencia del agua en la superficie del agregado.	31
2.6 Mecanismos de pérdida de adhesividad	32
2.6.1 Desprendimiento	32
2.6.2 Desplazamiento	33
2.6.3 Emulsificación espontánea	33
2.6.4 Presión en los poros.	34

2.6.5 Radical pH del agua	35
2.7 Interacciones entre el asfalto y los agregados	35
2.7.1 Teoría de adhesión	35
2.7.2 Teorías de cohesión.	37
2.7.3 Teorías combinadas	38
2.7.4 Falla en la adhesión y en la cohesión.	39
2.8 Metodologías de evaluación de la adhesividad	40
2.8.1 Evaluación de la Adhesividad en mezclas no compactadas.	41
2.8.1.1 Ensayo de azul de metileno (Methylene Blue Test)	41
2.8.1.2 Film Stripping Test (California Test 302)	42
2.8.1.3 Prueba de inmersión estática (AASHTO T182).	43
2.8.1.4 Prueba de inmersión dinámica.	44
2.8.1.5 Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (Procedimiento Riedel – Weber).	44
2.8.1.6 Ensayo de reacción superficial (Surface Reaction Test)	45
2.8.1.7 Método de ensayo para evaluar el efecto del agua sobre agregados con recubrimiento asfáltico usando agua hervida	46
2.8.1.8 Net Adsorption Test	47
2.8.1.9 Método de la energía superficial libre	47
2.8.1.10 Pneumatic Pull-Off Test	48
2.8.2 Evaluación de la adhesividad en mezclas asfálticas compactadas	49
2.8.2.1 Ensayo de inmersión – compresión (efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas compactadas)	49
2.8.2.2 Prueba de inmersión Marshall	50
2.8.2.3.- Moisture Vapor Susceptibility	50
2.8.2.4 Repeated Pore Water Pressure Stressing and Double- Punch Method	51
2.8.2.5 Ensayo de tracción indirecta Lottman original	51
2.8.2.6 Ensayo de tracción indirecta Lottman modificado (AASHTO T-283)	52
2.8.2.7 Tracción indirecta, procedimiento Tunncliffe - Root (ASTM D-4867)	54
2.8.2.8 Texas Freeze-Thaw Pedestal Test	55
2.8.2.9 Rueda cargada de hamburgo “Hamburg Wheel-Tracking	

Device" (HWTD)	56
2.8.2.10 Ensayo cantabro.	58
2.8.2.11 Sistema de acondicionamiento ambiental "Environmental Conditioning system" (ECS)	59
2.9.2.12 Ensayo de abrasión Deval.	60
Capítulo III Aplicación del ensayo de tracción indirecta	62
3.1 Desarrollo e implementación del equipo	62
3.1.1 Automatización del estabilómetro Marshall	63
3.1.2 Unidad de adquisición de datos ADU	64
3.1.3 Mordaza Lottman	65
3.2 Ensayos de Laboratorio	65
3.3 Materiales	66
3.3.1 Agregados pétreos	66
3.3.2 Cemento asfáltico de petróleo (CAP)	67
3.3.3 Ensayos en agregados	68
3.3.4 Ensayo visual de adhesividad	72
3.4 Ensayo de adhesividad	72
3.4.1 Diseño Marshall	73
3.4.2 Preparación de muestra	74
3.4.3 Acondicionamiento de las muestras	77
3.5 Ensayo de tracción por compresión diametral	80
3.6 Planteamiento experimental de ensayos mecánicos	82
3.7 Resultados del ensayo de tracción indirecta	83
3.8 Razón de resistencia a la tracción	89
Conclusiones y Recomendaciones	94
Bibliografía	
Anexos	

Índice de figuras

Figura 2.1 Ejemplos de exudación, fisuramiento y corrimiento	18
Figura 2.2 Fallas y grietas localizadas causadas por stripping	19
Figura 2.3 Flujograma para la identificación de problemas de falla en la Adhesividad	20
Figura 2.4 Modelo de las micelas para el cemento asfáltico	22
Figura 2.5 Representación de los tipos de moléculas presentes en el asfalto	23
Figura 2.6 Representación de la pila de aromáticos	23
Figura 2.7 Representación de los puentes de hidrogeno	24
Figura 2.8 Modelo de Asfalto SHRP	25
Figura 2.9 Representación de la ligación entre ligante y agregado siendo desplazados por el agua	27
Figura 2.10 Composición Típica de los agregados ácido y básico	28
Figura 2.11 Carga eléctrica inherente al tipo de roca matriz	30
Figura 2.12 Relación entre resistencia y porcentaje de vacíos	35
Figura 2.13 Evolución del módulo resiliente en diferentes niveles de saturación	38
Figura 2.14 Gráfico de resistencia cohesiva y adhesiva por espesor de película de asfalto	39
Figura 2.15 Aparato California Test 302	43
Figura 2.16 Vista del equipamiento Pneumatic Pull-Off Test.	49
Figura 2.17 Esquema del ensayo AASHTO T283 Lottman Modificado	54
Figura 2.18 Esquema del ensayo Pedestal	56
Figura 2.19 Foto del Hamburg Wheel-Tracking Device	56
Figura 2.20 Gráfico esquemático de los resultados del HWTD	58
Figura 2.21 Foto del ECS	60
Figura 3.1 Prensa Marshall del Laboratorio de Mecánica de Suelos, antes de ser automatizado	64
Figura 3.2 Automatización de la prensa Marshall	64
Figura 3.3 Mordaza tipo Lottman diseñada y fabricada como parte de la investigación	65
Figura 3.4 Composición mineralógica del agregado grueso	69
Figura 3.5 Distribución granulométrica de mezcla de materiales: cantera La	

Gloria y Carapongo	70
Figura 3.6 Distribución granulométrica de mezcla de materiales: cantera Río Huaura y Las Zorras	71
Figura 3.7 Briquetas elaboradas	73
Figura 3.8 Proceso de elaboración de las muestras	76
Figura 3.9 Rango de energía de compactación que genera $7\% \pm 1\%$ de vacíos	76
Figura 3.10 Saturación al vacío	78
Figura 3.11 Proceso de congelamiento e inmersión a 60°C	79
Figura 3.12 Esquema del ensayo de tracción indirecta	80
Figura 3.13 Ensayo de tracción indirecta con la prensa Marshall automatizada	84
Figura 3.14 Resistencia a la tracción de las muestras	86
Figura 3.15 Valores de Resistencia a la tracción en muestras con vacíos 3% a 5% (Canteras: La Gloria y Río Huaura)	87
Figura 3.16 Valores de Resistencia a la tracción en muestras con vacíos 6% a 8% (Cantera: La Gloria)	88
Figura 3.17 Valores de Resistencia a la tracción en muestras con vacíos 6% a 8% (Canteras: Río Huaura)	89
Figura 3.18 Razón de resistencia a la tracción en muestras con vacíos entre 3% a 5%	90
Figura 3.19 Razón de resistencia a la tracción en muestras con vacíos entre 6% a 8% (cantera La Gloria)	91
Figura 3.20 Razón de resistencia a la tracción en muestras con vacíos entre 6% a 8% (cantera río Huaura)	92
Figura 3.21 <i>Briquetas sometidos a rotura por tracción indirecta</i>	93

Índice de tablas

Tabla 1.1 Desarrollo histórico de los diferentes investigadores acerca de la evaluación de la adhesividad y daños por humedad	11
Tabla 1.2 Agencias que usan diferentes ensayos para determinar la sensibilidad a la humedad y pérdida de adhesividad, antes del SHRP	13
Tabla 1.3 Agencias que usan diferentes ensayos para determinar la sensibilidad a la humedad y pérdida de adhesividad después del SHRP	13
Tabla 1.4 Índice de éxito de los métodos de ensayo	14
Tabla 2.1 Ensayos de Adhesividad en mezclas sueltas	40
Tabla 2.2 Ensayos de Adhesividad en mezclas compactadas	40
Tabla 3.1 muestras de agregados y procedencia	67
Tabla 3.2 Propiedades de los cementos asfálticos	67
Tabla 3.3 Ensayos de calidad de los agregados	68
Tabla 3.4 Propiedades físicas del agregado grueso	68
Tabla 3.5 Propiedades físicas del agregado fino	69
Tabla 3.6 Composición mineralogía y clasificación macroscópica por petrografía	69
Tabla 3.7 Composición granulométrica materiales de la cantera La Gloria y Carapongo	70
Tabla 3.8 Composición granulométrica materiales de la cantera Río Huaura y las zorras	71
Tabla 3.9 Resultados de los ensayos visuales de adhesividad	72
Tabla 3.10 Resultados del diseño Marshall	74
Tabla 3.11 Energía de compactación y porcentaje de vacíos	77
Tabla 3.12 Planteamiento experimental de los ensayos mecánicos	82
Tabla 3.13 Procedimiento de cada nivel de acondicionamiento	83
Tabla 3.14 Codificación de las muestras	83
Tabla 3.15 Resistencia a la tracción RT (MPa.) de mezclas con vacíos de 3% a 5%	85
Tabla 3.16 Resistencia a la tracción RT (MPa.) de muestras con vacíos de 6% a 8%	85
Tabla 3.17 Resistencia promedio a la tracción para vacíos de 3% a 5% (La gloria y Río Huaura)	86

Tabla 3.18 Resistencia promedio a la tracción para vacíos de 6% a 8% (La gloria)	87
Tabla 3.19 Resistencia promedio a la tracción para vacíos de 6% a 8% (Río Huaura)	88
Tabla 3.20 Resultados de RRT (%) con vacíos 3% - 5%	90
Tabla 3.21 RRT (%) en muestras con vacíos 6% - 8% (cantera La Gloria)	91
Tabla 3.22 Resultados de RRT (%) en muestras con vacíos 6% - 8% (cantera río Huaura)	92

Glosario

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

ASTM: American Society for Testing and Materials

CAP: Cemento asfáltico de petróleo

ECS: “Enviromental Conditioning system” sistema de acondicionamiento ambiental

HMA: Mezcla asfáltica en caliente

HWDT: dispositivo de rueda cargada de Hamburgo.

International Slurry Seal Association (ISSA),

NAT: Net Adsorption Test

NCHRP: Programa Nacional de Investigación Cooperativa de Carreteras.

OSU: Universidad Estatal de Oregon

RRT: Razón de resistencia a tracción.

RT: Resistencia a tracción.

RTFOT: Ensayo rotatorio de película delgada en horno (Rolling Thin Film Oven Test)

SHRP: Programa de Investigación Estratégica de Carreteras

TTI: Instituto de transportes de Texas

TAMU: Texas A&M University

UA: Universidad de Arizona

UI: Universidad de Idaho

WRI: Wester Research Institute

Resumen

El presente trabajo consiste en un método alternativo de evaluación de la pérdida de adhesividad en las mezclas asfálticas en caliente, el cual cuantifica mejor la adhesividad entre los agregados y el asfalto, además de considerar las condiciones medioambientales y de tráfico. El empleo del equipo de tracción indirecta, para valorar la adhesividad de las mezclas asfálticas compactadas, se ha desarrollado en otros países, desplazando métodos tradicionales como el ensayo visual.

El equipo y metodología aplicada en la elaboración de las briquetas, son similares al empleado en el método Marshall; la cual hace aplicable y de fácil adaptación del estabilómetro Marshall, para el objetivo del presente trabajo

Los resultados de las pruebas a tracción indirecta, en muestras compactadas superan a aquellas determinadas mediante ensayos visuales. El desarrollo del trabajo admite la influencia de la severidad de la exposición a la humedad evaluando el comportamiento de los materiales en diferentes condiciones de clima y tráfico que afectan el comportamiento y condicionan su durabilidad.

Cabe acotar que la implementación del estabilómetro Marshall, su adecuación para ensayos de tracción y la automatización del proceso disminuye el tiempo de dedicación a los ensayos mismos, permitiendo mayor tiempo a la investigación para futuras tesis.

INTRODUCCIÓN

El ensayo de Resistencia a la Tracción por compresión diametral (RT) fue desarrollado por el profesor Lobo Carneiro, en 1943 (Brasil), para evaluar las mezclas de hormigón-cemento. Después se adoptó a ser usado para las mezclas asfálticas (Lottman, 1978). Este ensayo mide la resistencia a la tracción, considerando dos fuerzas concentradas y opuestas diametralmente, aplicadas en el espécimen que generan (perpendicular al diámetro) las tensiones de la tracción.

La adhesión entre el asfalto y el agregado debe ser evaluado desde el inicio de un diseño de mezcla y/o tratamiento superficial, por su importancia la cual reflejará en la vida de un pavimento asfáltico que, alcanzando una mejor afinidad, permita mejor estabilidad y durabilidad.

Actualmente este factor, que define la vida del pavimento, se evalúa con métodos cuyos resultados se dan en forma subjetiva. Por otro lado el ensayo ASTM D-1664 considera desprendimientos, sin precisar si se deben a la acción del agua o a la poca afinidad árido-ligante. Asimismo, el ensayo Riedel Weber no considera las condiciones reales de obra. Se realizan por separado y no compatibilizan el comportamiento real de la mezcla en conjunto.

El ensayo que se ajusta más a las condiciones de obra, cuantificando la adhesividad o cohesión en las mezclas asfálticas compactadas, se norma en el AASHTO T-283 (ASTM D-4678), conocido también como "Lottman", el cual permite determinar la resistencia a la tracción de los especímenes, midiendo la pérdida de cohesión de una mezcla compactada como resultado de los efectos de saturación acelerada en agua. Este ensayo mide el comportamiento de la mezcla en conjunto (árido fino, árido grueso y ligante).

El ensayo "Lottman" permite predecir la susceptibilidad al desprendimiento de las mezclas asfálticas y evaluar el efecto de los mejoradores de adherencia que se agregan al cemento asfáltico, sea líquido o en polvo.

Es normal considerar y exigir una serie de propiedades intrínsecas a los ligantes tales como viscosidad, cohesión y susceptibilidad térmica, a partir de las cuales se puede deducir su comportamiento mecánico. Sin embargo estas se tratan de propiedades relativas, ya que el mismo ligante presentará una buena o mala adhesividad según la morfología del árido. Existen experiencias que muestran que, en condiciones favorables de temperatura, limpieza del árido, buena granulometría, etc., se llega a obtener buen recubrimiento o "adhesividad activa", pero que ante la lluvia y el tráfico, el ligante es desplazado del árido, quedando éste limpio por la poca resistencia al desplazamiento.

El Laboratorio N° 2 de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la FIC-UNI cuenta con equipos necesarios para la realización de ensayos en mezclas bituminosas, sin embargo la existencia de nuevos ensayos y equipos de laboratorio hace necesaria la construcción y la adopción de nuevos equipos y ensayos que se realizan en otros países.

Objetivo General

Estudiar el comportamiento de las mezclas asfálticas en condiciones críticas de carga y condiciones climáticas adversas que se presentan en algunas regiones de nuestro país, basados en experiencias de países que presentan problemas similares.

Objetivos Específicos

Determinar la adhesividad o la cohesión de las mezclas asfálticas, mediante el ensayo de tracción indirecta "Lottman" y el "Lottman Modificado" en mezclas bituminosas, por efecto de saturación acelerada en agua, presencia de humedad y el congelamiento, medidas mediante la tracción estática por compresión diametral.

CAPÍTULO I

1.0.- ESTADO DEL ARTE

El continuo interés de los diferentes grupos de investigación dedicados al estudio del comportamiento de los pavimentos y mezclas asfálticas, originó propuestas de metodologías de ensayo, equipos e instrumentos que permitan el mejor entendimiento de los mismos, generando procedimientos eficientes, tanto para el diseño como para el control de estructuras.

Uno de los factores que determinan la durabilidad de las carpetas de concreto asfáltico, es el grado de adhesividad entre el asfalto y los agregados, sin embargo el agua puede perjudicar esta unión, reduciendo la resistencia o estabilidad de las mezclas asfálticas.

Los daños causados por la humedad son de gran preocupación para los técnicos en asfalto. Los intentos de desarrollar pruebas de laboratorio para determinar el comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente (HMA) frente a los daños causados por la humedad, se remontan a la década de los años veinte.

El comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente (HMA) en presencia del agua es un tema complejo y ha sido objeto de numerosos estudios de investigación en años recientes. Durante este periodo, los técnicos de asfalto y organismos o agencias ligados al transporte y carreteras han buscado un protocolo de pruebas de laboratorio confiables para predecir el comportamiento de los pavimentos asfálticos frente a su sensibilidad a la humedad. Los hechos demuestran que la adherencia entre el asfalto y los agregados se reducen en presencia del agua, (stripping) y que la adhesión y cohesión, dentro de la propia carpeta de asfalto, se deteriora, lo que ha sido conocido a la década de los años 1920.

Los primeros trabajos fueron realizados por: Nicholson (1932), Riedel y Weber (1934), Lee (1935), McLeod (1937), Hubbard (1938), Powers (1938), Winterkorn et al (1937), Axon y Seville (Boil Test) (1937), Winterkorn (1937 – 1939), Nevitt y Krchma (1942), Krchma y Loomis (1943), Hveem (1943), entre otros realizados antes de 1959 los que fueron recopilado por RICE (1958).

Existen actas de la Asociación de Tecnólogos del Asfalto y Pavimento (AAPT) del año 1937, que muestran dos documentos sobre estudios en asfalto-agregado y los problemas de adherencia y la sensibilidad a la humedad haciendo referencia a trabajos anteriores. Por ejemplo, un documento de Axon y Seville (1937) que analiza la búsqueda de una prueba de laboratorio, utilizable para predecir la pérdida de adhesividad, presenta los resultados de las pruebas de ebullición y saturación; estas son comparadas con el desempeño de las mezclas asfálticas con diferentes tipos de agregados y los daños por stripping. El documento también contiene fotografías de todas las mezclas que han sufrido problemas de adhesividad.

La prueba de inmersión-compresión, se consideró en 1950 como la primera prueba para la evaluación de los daños causado por la humedad, en especímenes compactados bajo la norma ASTM. En esa década, también se llevó a cabo algunos trabajos sobre la energía superficial del asfalto y el agregado y sus propiedades de unión (Thelen 1958, Andersland y Goetz 1956). También presentan un ensayo denominado “Sonic Test” para la evaluación de la resistencia al stripping en mezclas bituminosas compactadas.

Intentos recientes sobre el desarrollo de las pruebas para predecir la sensibilidad de las mezclas asfálticas, frente a los daños causados por la humedad que causan la pérdida de adhesividad, fueron realizados por Jonson (1969), Schmidt y Graf (1972), Jiménez (1974) y Lottman (1978). Todos ellos reconocieron la importancia de la simulación de las condiciones sobre el terreno a través de la aceleración de la prueba acondicionada en el laboratorio. Jiménez utilizó la saturación de las muestras al vacío seguido de la presión de los poros con ciclos de aplicación de saturación al vacío para alcanzar este fin, mientras que Lottman utiliza saturación al vacío, seguido de la congelación y el acondicionamiento en baño de agua caliente.

El protocolo de prueba de laboratorio de Lottman, presentado a la industria en 1978, corresponde un gran avance en lo que respecta al procedimiento de prueba de un planteamiento coherente para predecir los daños causados por la humedad, a las mezclas asfálticas. El protocolo presentado por Lottman mas tarde fue modificado y estandarizado como procedimiento de ensayo AASHTO T283. Tunnicliff y Root, presentaron su versión del procedimiento Lottman a principios de 1980, luego de una amplia evaluación de los aditivos antistripping. En la tabla 1.1 se muestra el desarrollo histórico acerca de la adhesividad y daños por humedad en mezclas asfálticas.

*Tabla 1.1.- Desarrollo histórico de los diferentes investigadores acerca de la evaluación de la adhesividad y daños por humedad
(Fuente: Universidad de Texas)*

Decada	Investigadores
1930's	Nicholson, Riedel y Weber, Lee, Mcleod, Hubbard, Powers, Winterkorn, Saville y Axon, Nevitt y Krchma
1940's	Krchma y Nevitt (Efectos de Absorción), Hveem.
1950's	Hallberg (Efectos de la presión de poros), Rice, Thelen (Energía superficial), Andersland y Goetz, Good (Compresión - Inmersión)
1960's	Majidzadeh y Brovold (Estado del arte), Jhonson (Inducción térmica de la presión de poros)
1970's	Ford (Ensayo de reacción superficial), Jiménez (Presión de poros - Double punch), Lottman(Tracción Indirecta), Maupin, Plancher et al(Química del asfalto), Schmidt y Graff (Módulo resiliente)
1980's	Plancher et al, Coplantz y Newcomb, Isacsson y Jorgnessen, Kennedy, Anagnus, Roberts, Lee, Tunnicliff y Root, Collins, Lai, Parker, Stuart
1990's	Hicks, Terrel, Scholz, Al-Swailmi (ECS), Aschenbrenner y Tahmoressi (HWDT), Tandon, Curtis, Ensley, Epps, Kendhal, Youtcheff.
2000's	Harvey, Monismith y Bejarano, Cheng, Little, Leytton, Holtse, Robertson, Thomas, Solaimanian, Tandon, Bonaquist, Mallick, Regimand.

Al mismo tiempo, *Kennedy, Roberts, Anagnos y Lee*, en la Universidad de Texas en Austin, introducen dos procedimientos de ensayo para la industria:

Ensayo de pedestal de congelación-deshielo de Texas (Texas Freeze-Thaw Pedestal Test (1982) y Prueba de Ebullición de Texas (Texas Boiling Test, 1984). La prueba de ebullición se elaboró, sobre la base de los trabajos realizados en los Departamentos de Transporte, en Lousiana, Texas, y Virginia, entre 1975 y 1980 y es muy similar a la prueba utilizada por Axon y Seville en 1937. El ensayo de pedestal congelación-deshielo corresponde a una modificación del procedimiento presentado antes por Plancher et al. (1980), en el Western Research Institute.

Ensley et al. (1984) trabajó en el desarrollo de técnicas para medir la energía de unión del sistema asfalto-agregado. Otros investigadores evaluaron métodos de ensayos disponibles para daños causados por la humedad, por ejemplo Graraybeh (1987); luego no se ha registrado avance significativo, hasta el Programa de Investigación Estratégica de Carreteras (SHRP) que patrocinó la investigación hacia el desarrollo de nuevas pruebas para determinar la sensibilidad a la humedad con resultado en el sistema de acondicionamiento ambiental (ECS) (Al-Swailmi y Terrel, 1992). Al mismo tiempo, el dispositivo de rueda cargada de Hamburgo (HWDT), desarrollado en Alemania en los años '70, se introdujo en los Estados Unidos (Aschenbrener y Currier 1993) siendo Colorado, Texas, y Utah los primeros estados en estudiar la HWTD. (Aschnbrener 1995).

Diversas versiones de las pruebas AASHTO T283 y ASTM D4867 son las más utilizadas en los procedimientos de diversos organismos en los Estados Unidos de Norte América. Una encuesta de Hicks (1991) puso de manifiesto que casi la mitad de las 44 agencias encuestadas utilizaban estos procedimientos antes de la evolución formulada por SHRP (Tabla 1.2). La puntuación en la tabla que se basa en una escala de 0 a 9, con 9 refiriéndose al 100% de la eficacia del método. Un reciente estudio de 55 organismos (incluidos los 50 estados) compilado por Aschenbrener (2003) indica que más organismos se han trasladado hacia el uso de estos dos procedimientos o sus versiones modificadas después de SHRP. La tabla 1.3, muestra que más del 80% de los organismos utilizan un procedimiento de prueba de sensibilidad a la humedad como AASHTO T283 y ASTM D4867 o un procedimiento similar. Siete agencias

han informado de que no utilizan ninguna prueba de sensibilidad a la humedad para el diseño.

*Tabla 1.2.- Agencias que usan diferentes ensayos para determinar la sensibilidad a la humedad y pérdida de adhesividad, antes del SHRP
(Fuente: Hicks 1991)*

Método de Ensayo	Nº de Agencias que usan	Índice Promedio	
		Número	Descripción de Eficacia
Test del Hervido (Boiling Test) ASTM D3625	9	5	Leve a moderado
Inmersión Estático (AASHTO T182)	3	4	Leve a moderado
Lottman (NCHRP 246)*	3	7.5	Alto
Tunncliff and Root (ASTM D4867)*	9	5	Leve a moderado
Lottman Modificado (AASHTO T283)*	9	7.5	Alto
Inmersión-compresión (AASHTO T165)	11	5	Leve a moderado

(*), Ensayos basados en Tracción Indirecta

*Tabla 1.3.- Agencias que usan diferentes ensayos para determinar la sensibilidad a la humedad y pérdida de adhesividad después del SHRP
(Fuente: R. G. Hicks, L. Santucci, y T Aschenbrener 2003)*

Método de Ensayo	Nº de Agencias que usan
Test del Hervido (Boiling Test) ASTM D3625	0
Inmersión Estático (AASHTO T182)	0
Lottman (NCHRP 246)*	3
Tunncliff and Root (ASTM D4867)*	6
Lottman Modificado (AASHTO T283)*	30
Inmersión-compresión (AASHTO T165)	5
Wheel Tracking	2

(*), Ensayos basados en Tracción Indirecta

En 1988, Kiggundu y Roberts cuantificaron la eficacia de varias pruebas, sobre la base de los datos de ensayos de diversas investigaciones, como se muestra en la Tabla 1.4. El éxito o fracaso cuyas puntuaciones, según lo establecido por Kiggundu y Roberts se presentan en dicha tabla, se basan en la comparación de las predicciones de laboratorio con el ámbito de rendimiento. Un elevado porcentaje de éxito implica un mayor número de "corregir" las predicciones.

Tabla 1.4.- Índice de éxito de los métodos de ensayo (Fuente: Kiggundu y Roberts 1988)

Método de Ensayo	Criterio mínimo del ensayo	% de Éxito
Lottman Modificado (AASHTO T283)	TSR = 70%	67
	TSR = 80%	76
Tunnickliff - Root (ASTM D4867)	TSR = 70%	60
	TSR = 80%	67
	TSR = 70% - 80%	67
Ensayo del Hervido durante 10 minutos	Superficie conservada 85% - 90'	58
Inmersión - Compresión (AASHTO T165)	Resistencia Conservada 75%	47

Los resultados anteriores indican que los ensayos basados en pruebas de Tracción indirecta, pasan a liderar las preferencias en las diferentes agencias y laboratorios dedicados al diseño con asfalto. La reproducibilidad del ensayo sumado a la sencillez de operación y el equipamiento, que no necesita equipos sofisticados, además de que la mayoría de los laboratorios cuenta con equipos del ensayo Marshall, hace posible la adaptación de estas metodologías.

Los ensayos para predecir la pérdida de adhesividad en las mezclas asfálticas por efecto de la humedad, también han sido estudiados en España, por la Universidad Politécnica de Cataluña, no solo para la predicción de la susceptibilidad a la humedad, sino para la caracterización de las mezclas asfálticas como alternativa del ensayo Marshall (F.E. Pérez Jiménez, Miró Recacens 1998 - 2002). Igualmente en Latinoamérica, se adopta estas metodologías, para ser integradas en el diseño de las mezclas asfálticas y la evaluación de los efectos de la humedad, donde diferentes profesionales e investigadores como: Argentina. F. Angelone, Silvia Moretti, G Marcozzi (1993 - 2002), A. Bissio, H.H. Botasso, R.O. Gonzáles (2002), Colombia: Benavides B, Cadom A. (1993), Chile: C. Wahr, E. Maripanguí (2001), y en el Perú se ha adoptado la metodología, M.M Sancho y J.C. Manrique. (MTC, 2001). Todos los autores mencionados basaron sus investigaciones mediante el uso de la prueba de tracción indirecta, debido a que la mayoría de los laboratorios, cuentan con equipos de la metodología Marshall, y la adecuación de este equipo para realizar ensayos de tracción indirecta no genera un costo elevado.

Wester Researc Institute (WRI) se ha comprometido a fondo en la investigación sobre la química del asfalto y su relación con los daños causados

por la humedad. WRI ha determinado que el desplazamiento de asfalto del agregado por el agua varía según la fuente de asfalto. Actualmente, el instituto está desarrollando un método de centrifugado rápido para simular el desplazamiento de la polaridad por el agua. La hipótesis que se prueba es: la mezclas asfalto-agregado que forman sales insolubles de calcio, componentes de asfalto, son las menos propensas a los daños por humedad. Por otra parte, el concepto de la energía superficial ha reaparecido como una posible herramienta para determinar la adherencia de las mezclas de asfalto-agregado.

Aunque estos recientes desarrollos de investigación pueden contribuir significativamente hacia la determinación de la compatibilidad, y de la humedad, resistentes a las mezclas de asfalto-agregado, no abordan el efecto de la interacción entre el tráfico y el agua sobre daños causados por la humedad en el pavimento de las aceras. Por lo tanto, un nuevo procedimiento de ensayo sobre muestras compactadas se está investigando bajo Programa Nacional de Investigación Cooperativa de Carreteras (NCHRP) 9-34 de proyectos encaminados a un buen entorno de simulación y factores de tráfico en lo que respecta a daños por humedad que generan la pérdida de adhesividad en las mezclas asfálticas.

El retiro de la norma ASTM D4123, Método de prueba para el ensayo de la tracción indirecta en módulos elásticos de mezclas bituminosas, llevó al desarrollo de la ASTM D6931 (2007) ya que la D4123 contenía una descripción de una prueba de resistencia indirecta a la tracción a la que se hacía referencia en varias otras normas. Se decidió desarrollar esta prueba en una norma totalmente aparte, la ASTM D6931, para que tuviera su propio mérito como método de fácil referencia en varias otras normas.

Según Richard W. May (Octubre 2007), gerente del laboratorio de pruebas de desempeño de SemMaterials, L.P. y miembro del Subcomité D04.26, de la ASTM la D6931 servirá a diversos propósitos de los ingenieros de diseño y análisis de pavimento, los diseñadores de mezcla de concreto asfáltico y los técnicos de laboratorio.

“Esta prueba se ha utilizado para evaluar varios tipos de desempeño del concreto asfáltico, tal como la propagación de fisuras por fatiga, la deformación

permanente y la susceptibilidad a la humedad o la separación por pérdida de adhesividad, en los que la mitad de las muestras se acondicionan para evaluar la pérdida de resistencia comparada con muestras sin acondicionar” indica Richard W. May. También destaca que la prueba incluida en la ASTM D6931 (2007) no es una prueba nueva, sino que ha sido muy utilizada en el campo del pavimento durante los últimos 40 años para predecir el desempeño y evaluar los motivos de problemas, tales como la separación y la segregación.

El subcomité está buscando laboratorios que puedan participar en pruebas entre múltiples laboratorios y de reproducibilidad. “Estaremos buscando laboratorios de diseño de mezclas que tengan la capacidad de realizar esta simple prueba de carga por compresión, que crea una tensión indirecta a través del plano diametral de la muestra,” asevera R.W. May. “Debido a que la prueba no involucra la incorporación de ningún sensor para rastrear la deformación de la muestra y sólo involucra el registro de la carga hasta un valor pico y más allá, debe haber gran cantidad de laboratorios que puedan participar.”

CAPÍTULO II

2.0 MARCO TEÓRICO.

En este capítulo se aborda conceptos, mecanismos y otros aspectos referentes a la adhesividad en mezclas asfálticas. Así también se explican tópicos importantes para la comprensión del fenómeno. Son también descritos algunos métodos de evaluación de adhesividad encontrados en la literatura.

2.1 Adhesividad

Adhesividad en las mezclas asfálticas se entiende como la propiedad que genera la unión entre el cemento asfáltico y el agregado sobre la acción del tráfico y del agua. La adherencia entre un ligante asfáltico y el agregado pétreo se define como la resistencia que opone el ligante a ser desplazado del sólido por la acción de las fuerzas exteriores.

En la literatura internacional es común encontrar términos como moisture sensitivity (sensibilidad a la humedad), Moisture damage (daño debido a la humedad) y stripping (desprendimiento del ligante de la superficie del agregado en presencia del agua) y en textos referidos a la adhesividad en mezclas asfálticas.

Los términos Water Susceptibility (susceptibilidad al agua) y water sensitivity (sensibilidad al agua) son usados para expresar la pérdida de resistencia, adhesividad u otras propiedades de las mezclas asfálticas frente a la presencia de la humedad¹.

Al analizar las citas anteriores, se percibe, claramente, que los problemas concernientes a la pérdida de adhesividad están siempre relacionados a la presencia y acción del agua, factor preponderante que afecta la adhesividad.

¹ Cfr.: Little y Epps (2001)

El concepto de adhesividad puede ser dividido en adhesión y cohesión. Por adhesión se entiende a la ligación y la resistencia al desprendimiento de la película del ligante de la superficie del agregado; la cohesión es la propiedad que se refiere a la resistencia del mastic (cemento asfáltico mas filler).

La humedad genera pérdida de resistencia y durabilidad en mezclas asfálticas, debido a la pérdida de adhesión o falla en la cohesión, provocado por la infiltración del agua².

2.2 Problemas de adherencia

2.2.1 Exudación, Agrietamiento y Corrimiento

Estos problemas pueden ser ocasionados por la completa o parcial pérdida de la adhesión entre la superficie del agregado y el cemento asfáltico. Esa pérdida de adhesión es causada por la presencia de agua en la mezcla, que puede haber penetrado en el pavimento debido a la compactación insuficiente de la mezcla asfáltica durante la construcción. Deficiencias en el drenaje y la utilización de agregados húmedos o sucios también contribuyen en la pérdida de la adhesión. Todos esos factores combinados a la acción del tráfico y a los efectos del intemperismo pueden acelerar el apareamiento prematuro de las fisuras por fatiga, corrimiento y exudación. La *figura 2.1* muestra fotos de estos defectos³.



Figura 2.1: Ejemplos de exudación, fisuramiento y corrimiento (Fuente: Hicks et al -2003)

² Cfr.: Dallas N. Little y David R. Jones IV (2003)

³ Cfr.: Hicks et al, 2003

2.2.2 Desgaste

La pérdida progresiva del material de superficie del pavimento debido a la abrasión de los neumáticos y el agua es uno de los defectos que puede estar relacionado a la pérdida de adhesividad. Este problema puede ser causado también por falta de compactación, por el uso de agregados de mala calidad, bajo contenido de asfalto o elevada concentración de finos.

2.2.3 Fallas localizadas:

Estos tipos de defectos son resultado de la degradación progresiva de los problemas citados anteriormente. Pueden ser ocasionados por la pérdida de adhesión entre el ligante y el agregado o por el debilitamiento de la fuerza cohesiva de la mezcla. La *figura 2.2* muestra fotos de estos defectos.



Figura 2.2.- Fallas y grietas localizadas causadas por stripping.

Como se ha visto, los problemas de adhesividad en mezclas asfálticas pueden ocasionar, o contribuir, el surgimiento prematuro de defectos en los pavimentos. Los defectos en los pavimentos pueden ser recurrentes de problemas en el diseño de las mezclas asfálticas, o de fallas en las etapas de

ejecución. Exceso o escasez de ligante en la mezcla, mala o baja compactación en campo y la granulometría del agregado inadecuada, son fallas que si ocurrieran, podrían ser las responsables por el apareamiento de los defectos. Ante este contexto surge una interrogante. *¿Cómo es que los ingenieros viales podrían distinguir entre problemas relacionados a la adhesividad y problemas de diseño y construcción?*

Esta interrogante se intenta responder a través de la utilización de un flujograma (figura 2.3) que puede servir para auxiliar la identificación de los problemas relacionados a la adhesividad⁴.

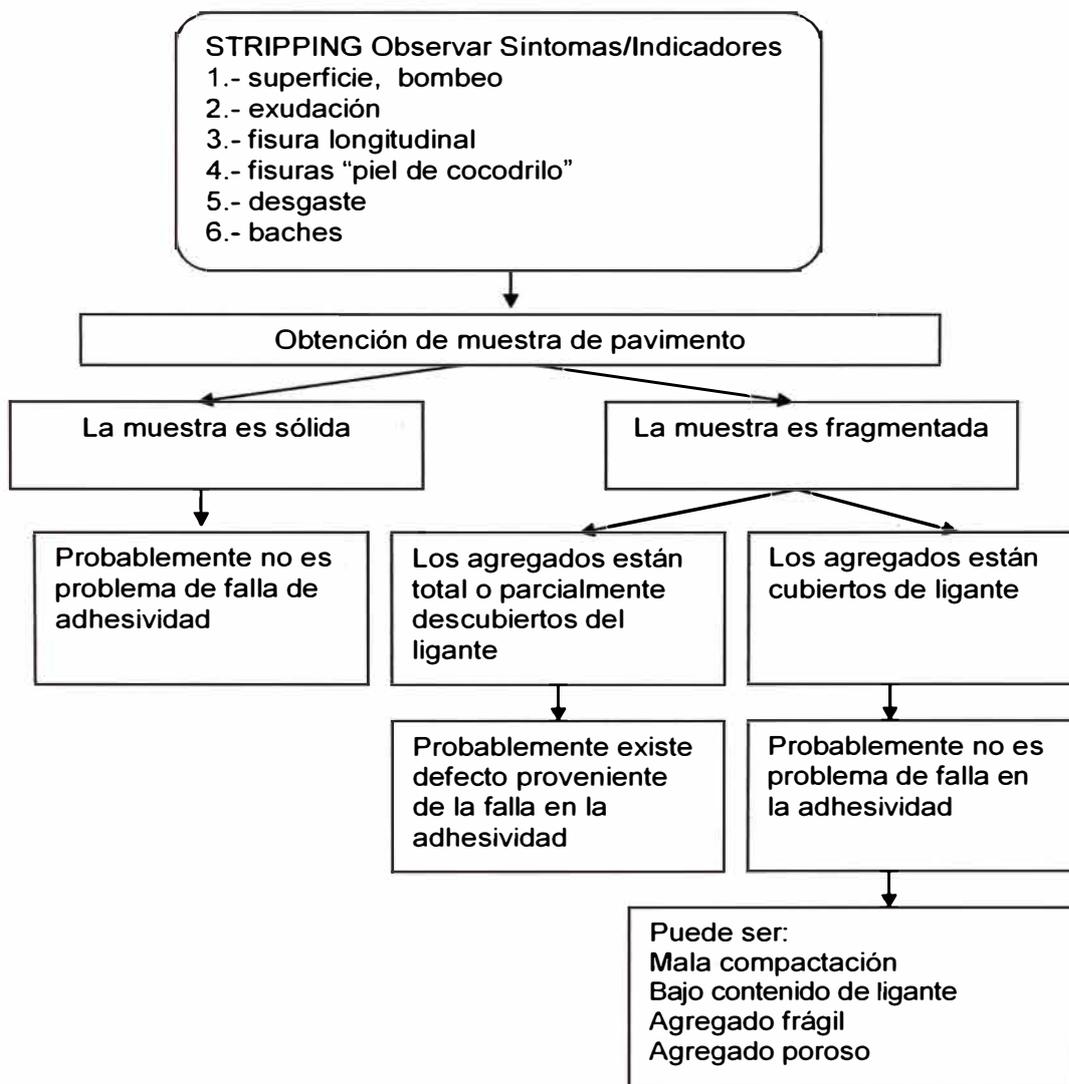


Figura 2.3.- Flujograma para la identificación de problemas de falla en la Adhesividad, Fuente: HICKS et al. (2003)

⁴ Cfr.: Hicks et al. (2003)

2.3 Causas de la susceptibilidad a la presencia del agua

Las causas de los problemas relativos a la susceptibilidad de las mezclas asfálticas en presencia del agua son diversas, y están normalmente interrelacionadas. Se puede citar como causa principal a la incompatibilidad entre el agregado y el ligante seleccionados.

La acción del tráfico y la influencia del clima son factores importantes que contribuyen a la presencia de defectos relativos a la adhesividad. Regiones de alto índice pluviométrico, con grandes variaciones de temperatura y en zonas altoandinas donde ocurren ciclos de hielo y deshielo, son las más propensas al daño por la humedad.

El volumen de vacíos es factor a ser considerado, valores elevados son generalmente, mas propensos al desprendimiento que las mezclas mas densas⁵.

2.4 Consideraciones sobre la composición del cemento asfáltico y su influencia en la adhesión.

La composición química del cemento asfáltico y su influencia en la adhesión, han sido estudiadas por diferentes investigadores, centros de investigación y agencias de transportes. Para un mejor entendimiento y explicación del asunto serán transcritas diversas citaciones de Jones (1992).

2.4.1 Características químicas del cemento asfáltico de petróleo (CAP)

Al inicio del programa SHRP (Strategic Highway Research Program), los investigadores utilizaban el modelo de las micelas para describir la estructura del cemento asfáltico (figura 2.4). En ese modelo se establecían que los asfaltenos existían como una fase discreta en el asfalto y estaban envueltos por las resinas. Los asfaltenos se constituían en grandes grupos de moléculas aromáticas insolubles en el restante del asfalto. Las resinas servían para homogenizar y compatibilizar los asfaltenos insolubles. El modelo también consideraba que los

⁵ Cfr.: Little y Epps (2001)

asfaltenos y las resinas existían como islas que fluctuaban en el último componente del asfalto, el óleo.

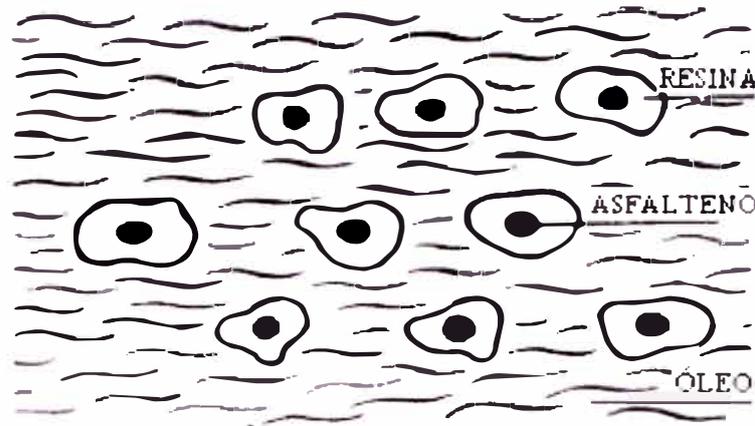


Figura 2.4.- Modelo de las micelas para el cemento asfáltico Fuente: SHRP

Con el paso del tiempo, los investigadores del programa SHRP verificaron que el modelo de las micelas no era el más adecuado para evaluar las propiedades y el comportamiento de los asfaltos. Como resultado de estas investigaciones fue propuesto un nuevo modelo para los cementos asfálticos, cuya explicación se presenta.

Los asfaltos usados en pavimentación son constituidos de 90% a 95% en peso, de átomos de hidrógeno y carbono. Los 5% a 10% de los átomos restantes consisten en heteroátomos y metales (vanadio, níquel y Hierro)⁶.

Para la formación de las moléculas de asfalto, los átomos de hidrogeno, carbono, heteroátomos y metales se unen a través de ligaciones covalentes que son ligaciones fuertes y que necesitan de una gran energía para ser quebradas.

Las películas de asfalto pueden ser agrupadas en tres tipos: alifáticas, cíclicas y aromáticas. Para fines de comparación, la *figura 2.5* muestra esas moléculas con seis átomos de carbono cada uno. Es no en tanto, importante resaltar que en el cemento asfáltico existen millones de diferentes moléculas alifáticas, cíclicas y aromáticas pudiendo variar de 20 a 100 átomos de carbono⁷.

⁶ Cfr.: Jones D.R. 1992

⁷ Ídem.

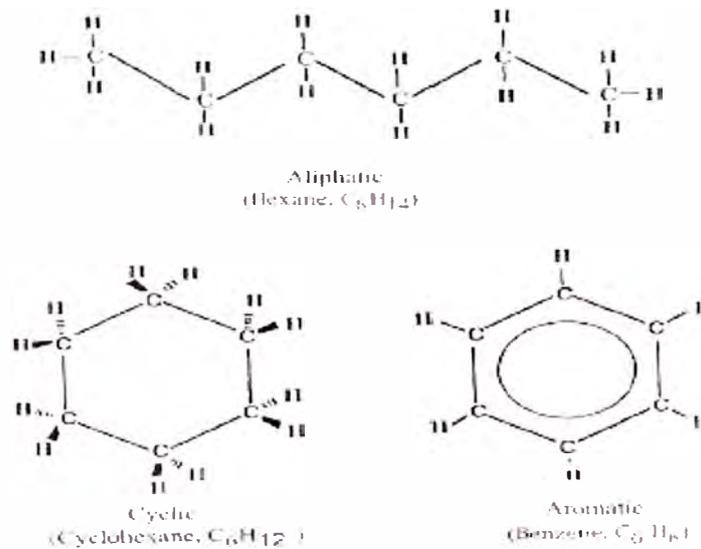


Figura 2.5 Representación de los tipos de moléculas presentes en el asfalto, Fuente: Jones D.R (1992)

Las moléculas presentes en el asfalto se unen unas a las otras a través de ligaciones mucho más débiles que las ligaciones covalentes interatómicas. Esas ligaciones débiles pueden ser de los siguientes tipos: Van der Waals, “atracciones $\pi - \pi$ ” y puentes de hidrogeno.

Las fuerzas de Van der Waals forman ligaciones muy débiles entre largas cadenas de alifáticos. Este tipo de ligación depende de la cantidad y del tipo de moléculas alifáticas presentes en el asfalto.

Las ligaciones intermoleculares del tipo “Atracciones $\pi - \pi$ ”, son formadas a través de la interacción entre electrones de los anillos aromáticos. Debido al formato plano de los aromáticos, las “Atracciones $\pi - \pi$ ” forman pilas de moléculas como se muestra en la Fig. 2.6⁸.



Figura. 2.6 Representación de la pila de aromáticos, Fuente: Jones (1992).

⁸ Cfr.: Jones D.R. (1992)

Los puentes de hidrogeno ocurren cuando un heteroatomo de una molécula interactúa con un átomo de hidrogeno que esta próximo de un heteroatomo de otra molécula. Se ilustra ese tipo de ligación a través de la *figura 2.7*, donde el grupo acido carboxílico presente en una molécula interactúa con el oxigeno de otra molécula. La presencia de heteroatomos en la molécula de asfalto torna la molécula polar y, de esa forma, es más propensa de interactuar con otras moléculas⁹.

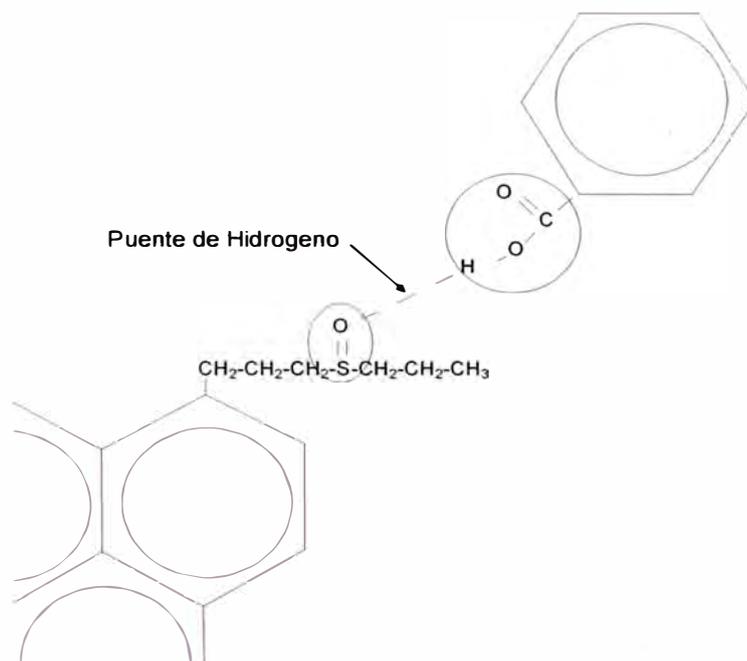


Figura 2.7: Representación de los puentes de hidrogeno

Fuente: Dallas N. Little y David R. Jones (2003).

Se puede decir que los heteroátomos desempeñan un papel crucial en las propiedades físicas de los cementos asfálticos y los puentes de hidrogeno son probablemente. Las más importantes ligaciones intermoleculares.

Estudios realizados por investigadores del programa SHRP revelaron que las moléculas de asfalto pueden ser divididas en dos grupos funcionales: polares y apolares. Las moléculas polares participan de la formación de redes a través de los puentes de hidrógeno, siendo responsables por las propiedades elásticas del asfalto. Ya las moléculas apolares, forman el cuerpo del material en el cual la red esta insertado, contribuyendo a la propiedad viscosa del asfalto¹⁰.

⁹ Cfr.: Dallas N. Little y David R. Jones (2003)

¹⁰ Cfr.: Jones D.R. (1992)

La *figura 2.8* muestra como las moléculas polares interactúan entre si formando redes dentro del solvente apolar. Los diferentes tamaños y formas mostrados en la figura representan la unión de las moléculas polares que son envueltos por moléculas apolares (no presentadas en la figura). Se resalta que las moléculas polares y apolares forman una mezcla homogénea, indicando que no existe una diferencia de fases.

Vale la pena indicar que las ligaciones entre las moléculas de asfalto son débiles y están constantemente siendo quebradas y rehechas. La acción del calor y tensiones rompe estas ligaciones, que después son rehechas con diferentes configuraciones, el que presupone que el asfalto y un material en constante cambio, o sea, a cada calentamiento y enfriamiento, ataque químico u otra acción exterior, el ligante se modifica y ya no es más el mismo¹¹.

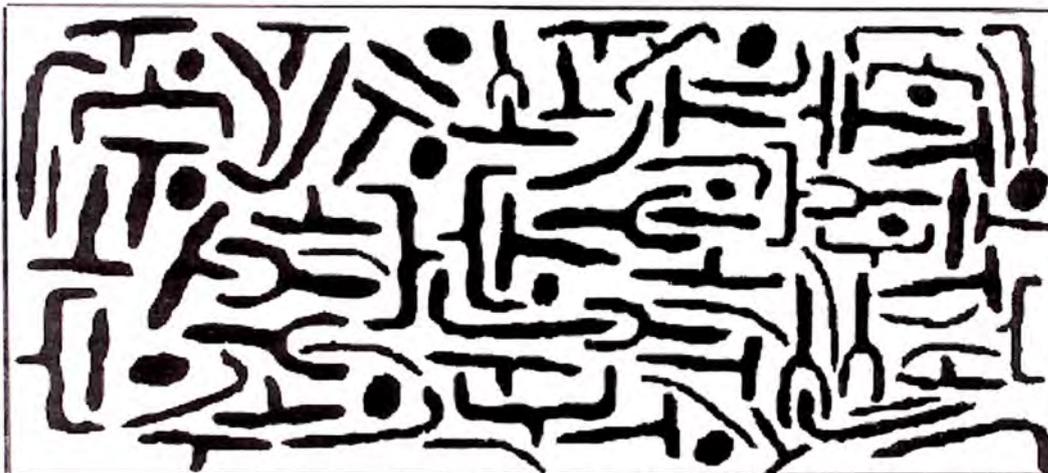


Figura 2.8: Modelo de Asfalto SHRP

Fuente: Dallas N. Little y David R. Jones (2003).

2.4.2 Interacciones químicas entre el asfalto y el agregado.

Como se ha visto anteriormente, el asfalto está compuesto por hidrocarbonatos que contienen algunos grupos funcionales polares en los cuales están presentes los heteroátomos. Ya los agregados poseen una superficie heterogénea con una gran variedad de sitios de diferente composición química y nivel de actividad.

¹¹ Cfr.: Jones D.R. (1992)

Los "sitios activos", presentes en la superficie de los agregados, son muchas veces dotados de carga eléctrica, o contienen cargas parciales, que atraen y orientan los grupos polares del asfalto. En los puntos de contacto entre los sitios activos del agregado y el ligante, los grupos polares se ligan a la superficie a través de fuerzas electrostáticas, puentes de hidrogeno y fuerzas de Van der Waals. Cuando el ligante entra en contacto con la superficie del agregado, ocurre una competición entre los compuestos polares con diferentes grupos funcionales presentes en el asfalto por los sitios activos de la superficie del agregado¹².

Los investigadores de la SHRP constataron que los compuestos con grupos funcionales polares son absorbidos en la superficie del agregado de una manera mucho mas efectiva del que los compuestos apolares. Dentro de estos grupos funcionales polares, los sulfoxidos, ácidos carboxílicos, bases nitrogenadas y fenoles son mas fuertemente absorbidos por los granitos, calcáreos, arenisca o cascajo, ya que estos compuestos menos polares como las cetonas, y los compuestos apolares son mucho menos absorbidos prácticamente no participan de la competición por los sitios activos de los agregados¹³.

Es importante resaltar que los sitios activos de la superficie del agregado atraen tanto a lo compuestos polares de los ligantes, en cuanto al agua que es fuertemente polar. Cuando el pavimento es sometido a la acción del agua, se establece una nueva competición por los sitios activos de la superficie de la piedra entre los compuestos orgánicos polares del asfalto y el agua. Los compuestos polares con grupos funcionales de los tipos acido carboxílico y sulfoxidos son mas fácilmente removidos del agregado en presencia del agua. Los compuestos con menor polaridad presentaran una resistencia intermediaria, en cuanto que los grupos funcionales con bases nitrogenadas y fenoles se mostraran más resistentes a la humedad. Este grado de resistencia de los grupos funcionales a la acción del agua sigue el mismo orden para todos los tipos de agregados usados¹⁴.

¹² Cfr.: Curtis et al. (1993)

¹³ Idem.

¹⁴ Ídem.

La figura 2.9 muestra la representación del rompimiento de las ligaciones entre las moléculas polares del ligante en presencia del agua.

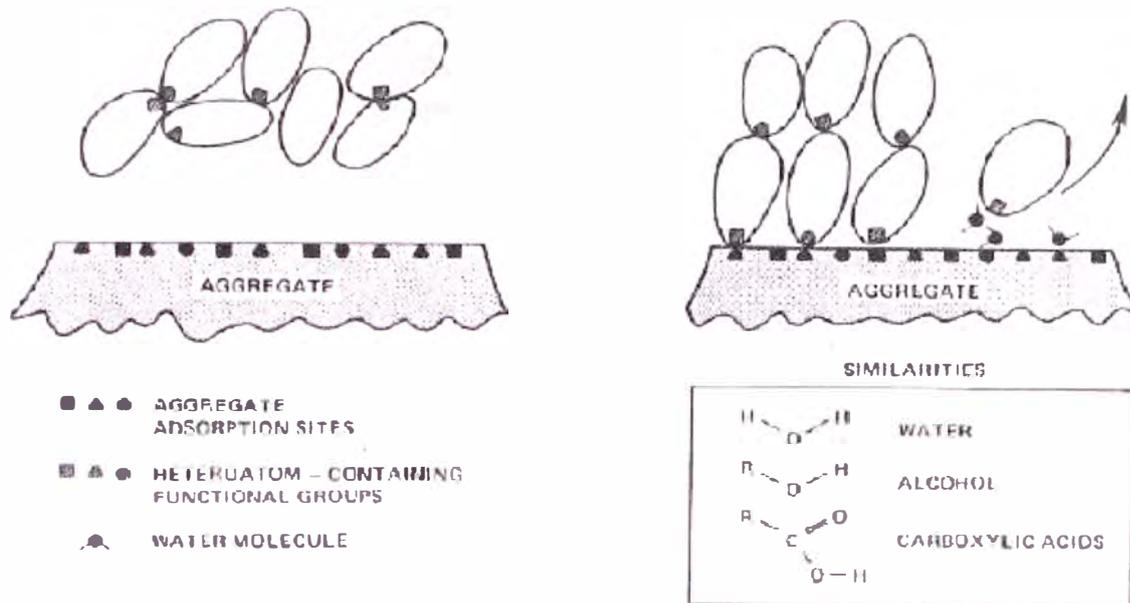


Figura 2.9: Representación de la ligación entre ligante y agregado siendo desplazados por el agua. Fuente: Petersen 2002

El modelo de adición del programa SHRP concluye que las propiedades de los agregados son más influyentes en el proceso de ligación que las características de los ligantes. La adhesión es conseguida principalmente, por los componentes polares del CAP que se ligan a los sitios activos del agregado a través de fuerzas de atracción electrostática, puentes de hidrogeno y fuerzas de Van Der Waals. Los sulfoxidos y los ácidos carboxílicos son los grupos funcionales que poseen la mayor afinidad por los agregados, mas en contrapartida, son los más fácilmente removidos en presencia del agua. Los grupos de fenoles y las bases nitrogenadas son los mas efectivos en garantizar una buena adhesión, fue también verificado que los hidrocarbonatos aromáticos poseen menor afinidad por la superficie del agregado que los grupos polares¹⁵.

¹⁵ Cfr.: Little y Jones IV (2003)

2.5 Características de los agregados que influyen en la adhesividad.

2.5.1 Características químicas y geológicas.

La composición química del agregado es mucho más influyente para la adhesión y para la sensibilidad al agua que la composición química del asfalto, excepto cuando ocurre falla en la cohesión¹⁶.

De manera generica, se puede decir que la mayoría de los agregados presentan como compuestos predominantes el dióxido de silicio (SiO_2), también conocido como sílice, y el carbonato de calcio (CaCO_3). Aquellos que son constituidos predominantemente por la sílice son tradicionalmente, clasificados como ácidos en cuanto que los que poseen el carbonato de calcio como compuesto predominante son clasificados como básicos. Con relación a la afinidad por el agua, los agregados hidrofílicos son normalmente de naturaleza acida, en cuanto que los hidrofóbicos son químicamente básicos y presentan bajo contenido de sílice. En al mayoría de la veces, los agregados hidrofóbicos presentan mayor resistencia al desprendimiento de película del ligante que los hidrofílicos¹⁷.

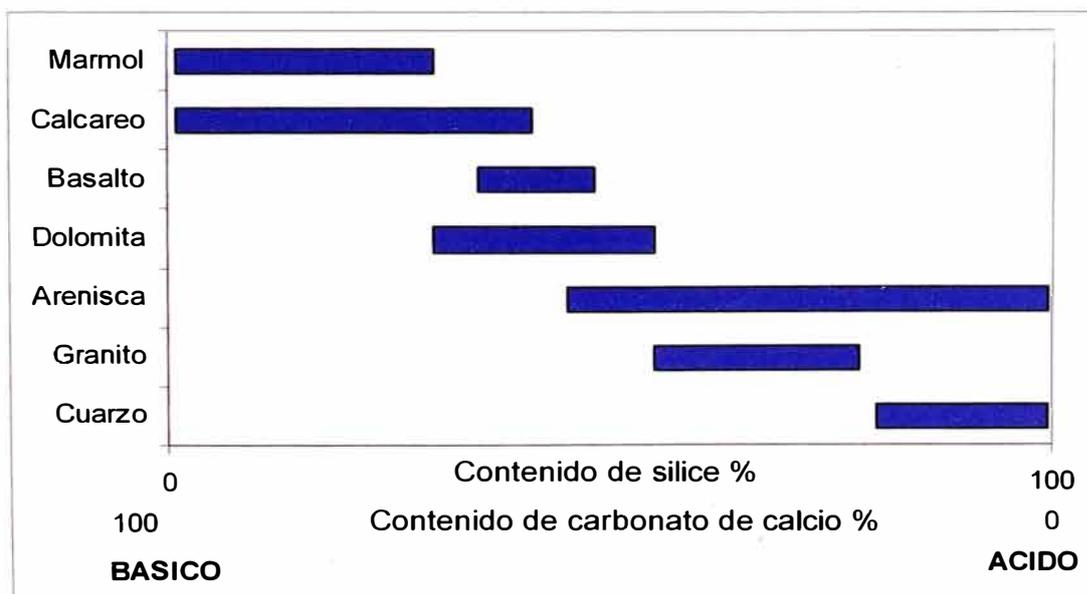


Figura. 2.10 Composición Típica de los agregados ácido y básico. Fuente: D'Angelo y Anderson (2003).

¹⁶ Cfr.: Curtis et al. (1993)

¹⁷ Cfr.: R Michael Anderson (Asphalt Institute)

Se presentan gráficamente las características de algunos agregados en la que se refiere a la teoría del sílice y el carbonato de calcio y su clasificación como ácido o básico. (fig. 2.10).

Sin embargo algunos autores consideran esa clasificación simplista, pues todos los agregados poseen en su composición minerales ácidos y básicos. Para esos autores, un factor importante para la adhesión es el contenido de sílice (SiO_2). Agregados básicos (con bajo contenido de sílice) presentan, generalmente buena adhesión al cemento asfáltico. Eso ocurre debido a la absorción de los grupos funcionales (ácidos carboxílicos) existentes en las moléculas de asfalto para con el interior de los agregados básicos. Las cadenas de los hidrocarbonatos de las moléculas del asfalto permanecen en la parte exterior del agregado modificando la superficie del mismo y posibilitando al asfalto establecer una ligación en presencia del agua¹⁸.

No en tanto, se afirma que la elevada resistencia al desprendimiento, presentada por algunos tipos de calcáreo, es debido a la formación de ligaciones covalentes insolubles entre el calcio de la superficie del agregado y los constituyentes del asfalto¹⁹.

Con relación a los agregados silicosos (ácidos) los grupos funcionales (ácidos carboxílicos) presentes en el asfalto no interactúan bien con ese tipo de mineral, el que eleva el perjuicio de la adhesividad²⁰.

Los agregados del tipo ácido tienen una mala adhesividad con los betunes en presencia del agua. Sin embargo, una clasificación basada solamente en las propiedades químicas no tiene gran sentido en lo concerniente a la adherencia, siendo necesario el conocimiento de forma como los minerales se encuentran en la superficie del agregado, la porosidad, la rugosidad y la distribución de los componentes ácidos.

Las superficies de agregados ricas en metales alcalinos son más susceptibles a los problemas de adhesividad de las ricas en metales alcalinos

¹⁸ Cfr.: Tarrer y Wagh (1991)

¹⁹ Cfr.: Little y Jones IV (2003)

²⁰ Cfr.: Tarrer y Wagh (1991)

terrosos, pues estos últimos forman sales insolubles al agua como los ácidos y otros grupos funcionales del ligante²¹.

Otro factor que afecta la afinidad del ligante a los agregados (adhesividad) es la carga eléctrica, inherente al tipo de roca matriz que da origen a los agregados (Figura 2.11).

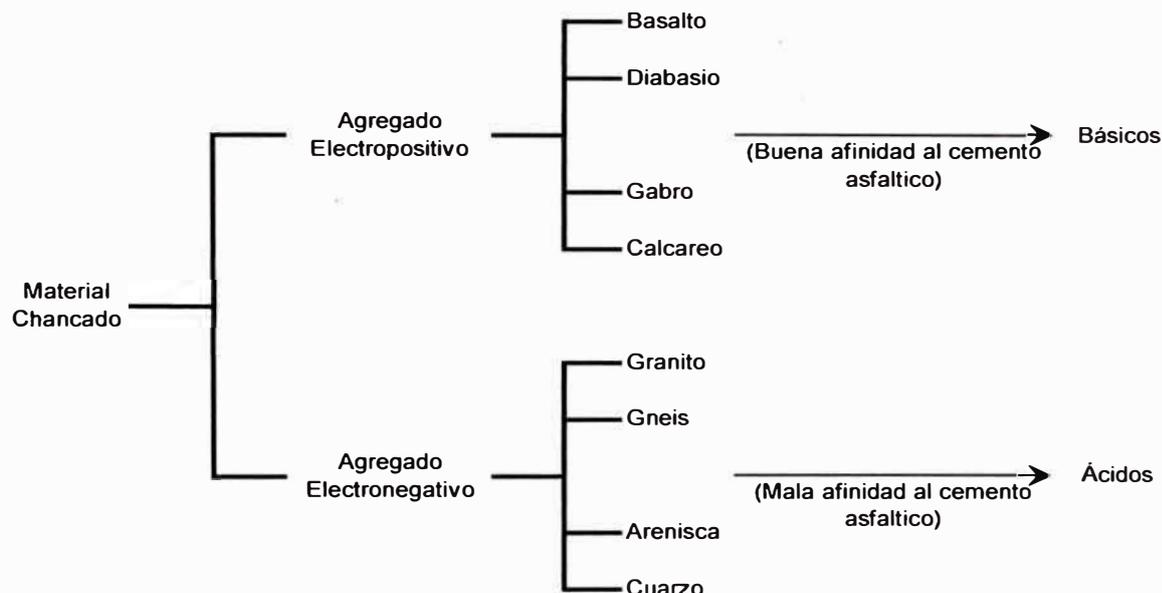


Figura. 2.11.- Carga eléctrica inherente al tipo de roca matriz
 Fuente: (Santana, 1992).

2.5.2 Área superficial y porosidad.

Según estudios realizados en diferentes tipos de agregados, se identificaron que la resistencia al desprendimiento es influenciado por el grado de ligación física entre el ligante y el agregado, cuyas variables directas son el área superficial, el volumen de poros y el tamaño de los poros existentes en los agregados. Estudios han demostrado que, para agregados con propiedades químicas semejantes, la mayor adhesividad ha sido obtenida en los que presentaban elevada área superficial y diámetro de poros suficiente para permitir la penetración del asfalto. Entretanto, se menciona que, aunque las propiedades físicas del agregado que influyen en la adhesividad, no es posible establecer

²¹Cfr.: Little y Jones IV (2003)

una fuerte correlación entre ellas y la resistencia al daño por humedad. Para esos autores las propiedades químicas y electroquímicas de los agregados y del asfalto son las que mas ejercen influencia en la adhesividad²².

Si la superficie del agregado fuera muy lisa y de estructura casi vítrea, caso de algunos cascajos silicosos, la adhesividad que existiera seria casi enteramente del tipo físico químico y no mecánico. En contrapartida, en las superficies ásperas la adherencia mecánica posee un papel importante en la ligación entre el ligante y el agregado²³.

2.5.3 Presencia de arcilla y material pulverulento en la superficie del agregado.

Considerándose material pulverulento el que esta compuesto por partículas menores que $75\mu\text{m}$. La existencia de este tipo de material en la superficie del agregado puede ocasionar problemas de adhesión entre el ligante y los agregados gruesos y finos, eso ocurre porque el asfalto tiende a recubrir el material pulverulento y no el agregado aumentando la probabilidad de haber desprendimiento entre la película del ligante y el agregado.

Las arcillas son constituidas por partículas menores que $2\mu\text{m}$ y poseen gran propensión para absorber agua. Con la presencia de agua algunas de estas partículas tienden a hinchar, fenómeno que puede provocar el rompimiento de la película de asfalto que cubre los agregados, además de eso, el mineral arcillosos puede, en algunos casos, provocar emulsificación del asfalto.

2.5.4 Presencia del agua en la superficie del agregado.

La presencia de agua en la superficie del agregado es un factor que compromete de manera decisiva la adhesión con el ligante bituminoso. El agua, debido a su naturaleza polar, posee una gran afinidad con el agregado e impide el recubrimiento efectivo del mismo por el ligante.

²² Cfr.: Yoon y Tarrer (1988)

²³ Cfr.: Ídem

Se afirma, que ciertos defectos de los concretos asfálticos son debidos a la deficiencia de secado del agregado pétreo, sea por baja temperatura del secador, o por el exceso de velocidad de circulación del mismo. Realmente se debe de considerar al agua como la clave de los problemas de mala adhesividad. La presencia de agua en el agregado, sea por fallas en el proceso de secado del agregado, o por la infiltración posterior durante su vida de servicio del pavimento, contribuye en la disgregación de la mezcla.

Con la presencia del agua, el ácido carboxílico (R-COOH) se separa en el anión (R-COO⁻) y en protón (H⁺). Esta separación genera una polaridad negativa en el ligante en la región de interfase con el agregado. Como el agregado mojado presenta carga negativa en la superficie ocurre el apareamiento de una fuerza repulsiva entre los dos materiales, el que favorece la pérdida de ligación²⁴.

2.6 Mecanismos de pérdida de adhesividad

Diversos autores describen algunos mecanismos que buscan explicar cuáles son las formas de separación ente el ligante y el agregado en las mezclas asfálticas. Muchas veces estos mecanismos ocurren simultáneamente, siendo imposible distinguir cual es el preponderante.

2.6.1 Desprendimiento

El desprendimiento se caracteriza por la separación entre la película de asfalto y la superficie del agregado, ocasionado por la acción de una fina película de agua sin que haya generado ruptura de la película del ligante. En este caso, existía agua en la superficie del agregado por ocasión de la mezcla con el agregado, es importante resaltar que varios factores están envueltos en el proceso de desprendimiento. Para una buena adhesión es necesario que el asfalto cubra por completo el agregado. La capacidad para humectar el agregado aumenta a medida que la tensión superficial del líquido y la energía libre del sistema disminuyen. En un sistema trifásico constituido por agua, ligante y agregado habrá una competencia entre el agua y el ligante en la tentativa de envolver el sólido, en este caso, el agua reduce mas la energía libre del sistema

²⁴ Cfr.: Yoon y Tarrer (1988)

que el ligante asfáltico, lo que significa que la superficie del agregado tendrá una mayor preferencia por el agua que por el asfalto. Además de estos estudios han demostrado que la mayoría de los asfaltos poseen baja polaridad y que su ligación con el agregado se da a través de ligas débiles, en contrapartida, el agua es fuertemente polar y puede sustituir al ligante en la interfase asfalto-agregado²⁵.

2.6.2 Desplazamiento

El desplazamiento difiere del desprendimiento en el que se refiere a la existencia de fisura o falla de la película del ligante que envuelve al agregado. Esta fisura o falla puede ser debido a un revestimiento incompleto de la superficie del agregado, o por la ruptura de la película del ligante en las aristas del agregado. El proceso de desplazamiento ocurre debido al cambio en el PH del agua de la superficie del agregado que infiltra a través de las fisuras. Ese cambio altera el tipo de grupos polares adsorbidos y su estado de ionización generando el acumulamiento de cargas eléctricas negativas en las superficies del agregado y del ligante. La conducción de la reacción para atender el equilibrio interno atrae mas agua y acaba por conducir a una separación física entre el ligante y el agregado²⁶.

2.6.3 Emulsificación espontánea.

La emulsificación espontánea es una emulsión inversa de gotas de agua en el cemento asfáltico que puede ocurrir durante la vida de servicio de un revestimiento asfáltico, la emulsificación espontánea ocurre cuando la película de asfalto esta inmerso en agua y que el grado de emulsificación depende de la naturaleza del asfalto y de la presencia de aditivos, tales como agentes mejoradores de adhesividad y o presencia de arcilla. Algunos estudios sugieren que la presencia de aditivos mejoradores de adhesividad puede agravar el proceso de emulsificación espontánea (Instituto de Asfalto 1981; Fromm 1974; Scott 1978). Entretanto investigaciones recientes indican que los aditivos comerciales mejoradores de adhesividad, que son compuestos orgánicos a base

²⁵ Cfr.: Dallas N. Little, 2003

²⁶ Cfr.: Terrer y Wagh, 1991

de aminas, son químicamente diferentes de los emulsificantes catiónicos de asfalto y, de esa forma, no sería posible que esos agentes funcionaran como agentes emulsificantes para la formación de una emulsión asfáltica convencional. Sin embargo se ha demostrado que el grado de emulsificación es dependiente de la naturaleza y la viscosidad del asfalto²⁷.

2.6.4 Presión en los poros.

Este mecanismo de pérdida de adhesividad ocurre por aprisionamiento del agua en los vacíos de la mezcla asfáltica. Como el agua no puede “escapar” ello acaba por provocar, debido a la acción del tráfico, un aumento de presión que puede ocasionar la separación entre la película de asfalto y la superficie del agregado. La presión en los poros también puede llevar al surgimiento y el crecimiento de las micro-fisuras en el mastic, factor que puede comprometer la cohesión de la mezcla.

Según investigaciones de la SHRP se indica el concepto de índice de vacíos perjudiciales (figura 2.12), un rango de valores de porcentaje de vacíos en la cual la mezcla asfáltica sufriría el mayor daño por humedad. Mezclas con bajo volumen de vacíos, en torno de 6% que son prácticamente impermeables, son poco afectados por el agua. Mezclas con vacíos con un cierto valor de referencia en torno de 15%, que permiten un drenaje libre del agua, también no presentarían un daño significativo por la humedad. Entre estos dos extremos estaría el índice de vacíos perjudiciales, rango de vacíos que torna posible el acceso de agua, mas no permite su libre drenaje²⁸.

²⁷ Cfr.: Kiggundu y Roberts (1988), Little y Jones IV (2003)

²⁸ Cfr.: Terrel y AL-Swailmi (1994)

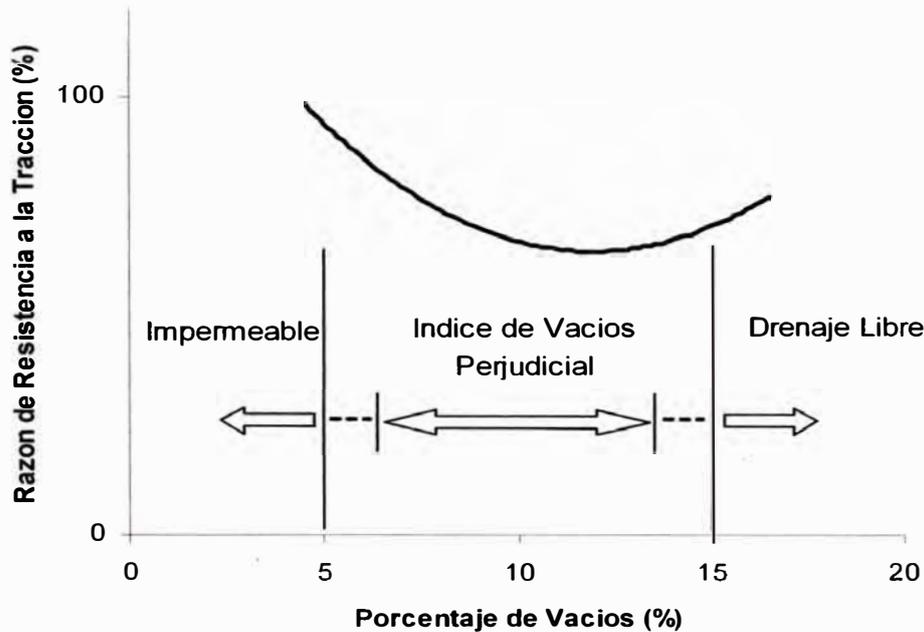


Figura. 2.12.- Relación entre resistencia y porcentaje de vacíos

Fuente: (Terrel y AL-Swailmi, 1994).

2.6.5 Radical pH del agua

Varias investigaciones han revelado que la adherencia entre ligante y el agregado es influenciada por el pH del agua de lluvia que entra en contacto con la mezcla bituminosa. El pH del agua afecta el valor del ángulo de contacto y de las características de envolvimiento del ligante en la superficie del agregado.

El efecto del pH del agua que producen en una prueba de ebullición se ha determinado que, el porcentaje del área del agregado cubierto por el ligante disminuye después del ensayo de ebullición a medida que el pH del agua aumenta²⁹.

2.7 Interacciones entre el asfalto y los agregados

2.7.1 Teoría de adhesión

El cemento asfáltico y los agregados son los dos principales componentes de las mezclas asfálticas, la interacción y la forma de ligación entre

²⁹ Cfr.: Kinggundu y Roberts (1988), Little y Jones IV (2003)

estos dos materiales es afectada por innumerables factores. Algunos factores que afectan la adhesión entre el ligante y el agregado son³⁰:

- Tensión superficial del cemento asfáltico
- Composición química del asfalto y del agregado
- Viscosidad del agregado
- Textura superficial del agregado
- Porosidad del agregado
- Limpieza del agregado
- Presencia de agua en el agregado en el momento de mezcla con el asfalto
- Temperatura del agregado en el momento de mezcla con el asfalto.

Se describen, cuatro teorías de adhesión que son fuertemente influenciadas por los factores citados anteriormente. Las cuatro teorías adhesión mecánica, reacción química, orientación molecular y energía superficial ocurren en el mismo tiempo para establecer una mayor o menor adhesión entre el par ligante-agregado.

A. Adhesión mecánica. Se trata de una forma de adhesión física relacionada, principalmente, por las propiedades físicas de las partículas del agregado dentro de las cuales se puede citar textura y área superficial, porosidad, tamaño, forma y angularidad. En general, cuanto mayor es la porosidad del agregado mayor será la penetración del ligante en la superficie del mismo, influenciando de esa forma, a aumentar la adhesión.

B. Reacciones químicas. Muchas investigaciones concluyen que la adhesión del ligante con agregados básicos es mejor que con agregados ácidos. Como el ligante posee características acidas, la reacción química con agregados básicos forma compuestos insolubles al agua, factor que mejora la adhesividad. Entre tanto, cabe resaltar, que innumerables mezclas consideradas aceptables desde el punto de vista de la adhesión han sido producidos con diferentes tipos de agregados básicos.

³⁰ Cfr.: Terrel y Shute (1988) y Terrel y AL-Swailmi (1994)

C. Energía superficial. De forma simplificada, esta teoría es utilizada para explicar la capacidad que el agregado posee de ser cubierto por el asfalto y por el agua. De manera general, el agua posee una capacidad mayor para cubrir el agregado, pues presenta una menor viscosidad y menor tensión superficial que el ligante. La reducción de la energía superficial del agregado facilita la adhesión con el ligante³¹.

D. Orientación molecular. Esta teoría indica que las moléculas del asfalto se alinean con cargas eléctricas existentes en la superficie de los agregados. Esta teoría está íntimamente ligada con la teoría de la energía superficial, pues las dos llevan en consideración la estructura de las moléculas de asfalto en la interfase asfalto-agregado, además de considerar que la adhesión es facilitada por la reducción de energía superficial del agregado³².

2.7.2 Teorías de cohesión.

En mezclas asfálticas compactadas, la cohesión puede ser descrita como la característica responsable por la integridad global del material cuando es sometido a cargas. En una escala pequeña, la cohesión puede ser considerada la deformación o la resistencia a la deformación por el incremento de tensión que ocurre en la película de asfalto que envuelve las partículas de agregado³³.

La reología del sistema asfalto-filler influye fuertemente, la cohesión que puede ser determinada indirectamente a través de los ensayos de estabilidad Marshall, resistencia a la tracción por compresión diametral y módulo de resiliencia.

La cohesión puede ser afectada por la presencia del agua que tiende a disminuir la resistencia cohesiva de la mezcla. Las mezclas asfálticas tienen el valor del módulo de resiliencia disminuido, en 50%, cuando son sometidas, a saturación frente a los no saturados. Esa pérdida continúa con el paso del

³¹ Cfr.: Little y Jones IV (2003)

³² Ídem

³³ Cfr.: Terrel y AL-Swailmi (1994)

tiempo de inmersión en agua, el mismo que después de secar el módulo de resiliencia es restablecido a los niveles iniciales³⁴ (figura 2.13).

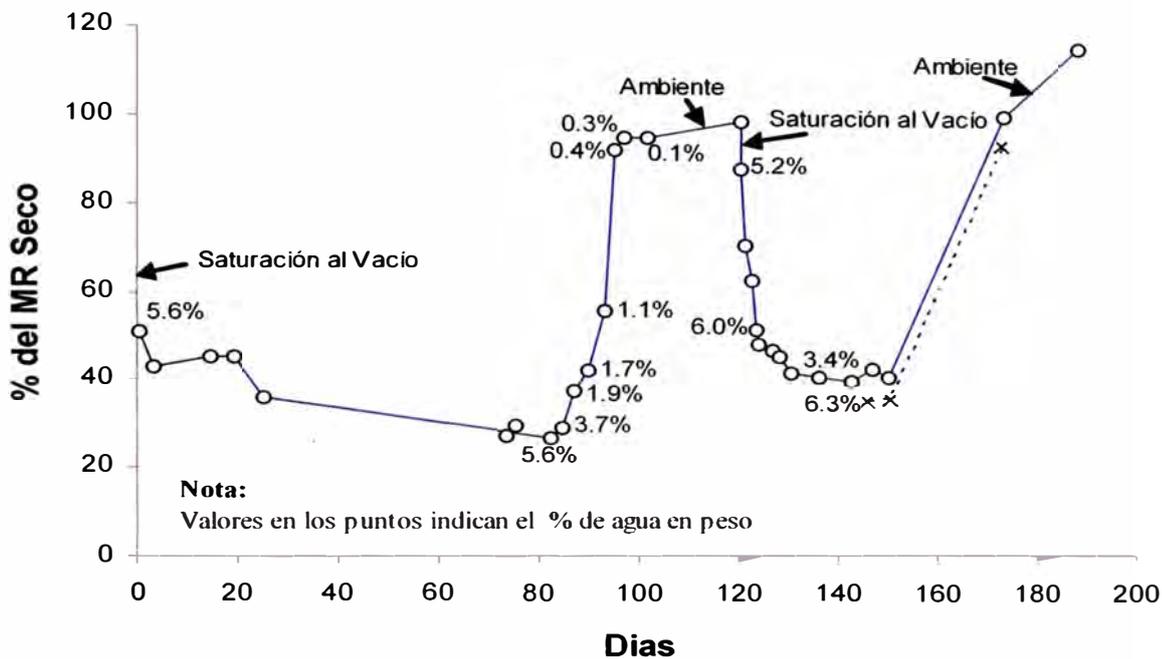


Figura 2.13.- Evolución del módulo resiliente en diferentes niveles de saturación

Fuente: (Schmidt y Graf, 1972).

2.7.3 Teorías combinadas

Existe una relación entre las diversas teorías de adhesión y cohesión y los mecanismos de pérdida de adhesividad en mezclas asfálticas. El proceso de daño por humedad es atribuido a más de una teoría al mismo tiempo, o sea, las fallas en la adhesión y en la cohesión son el resultado de varios factores que actúan en conjunto, el desprendimiento puede ser explicado por los aspectos físicos y químicos; la teoría de energía superficial, también en cuanto a los aspectos físicos de la teoría de adhesión mecánica. El mecanismo conocido como "pH del agua" tiene relación con la teoría de la reacción química y con los aspectos físicos y químicos de la energía superficial.

³⁴ Cfr.: Little y Jones 2003

2.7.4 Falla en la adhesión y en la cohesión.

El daño por humedad en mezclas asfálticas puede ocurrir en el interior del mástic (fractura o falla en la cohesión) o en el interfase mástic agregado (falla en la adhesión). La ocurrencia o no de falla en la cohesión o en la adhesión depende de la naturaleza del mástic y del espesor de la película del ligante o mástic que recubre los agregados gruesos y finos. Mezclas asfálticas con películas de ligante muy finos presentan, preferencialmente ruptura en la ligación adhesiva, en tanto aquellas que presentan películas de asfalto o mástic de mayor espesor fallan en la cohesión. La *figura. 2.14* muestra un gráfico de la variación de la resistencia cohesiva y adhesiva en función del espesor de la película de ligante, en esta figura se puede observar la existencia de un punto de intersección entre las dos curvas que diferencian estos dos tipos de fallas en la adhesividad. Para espesores menores que el referente a ese punto de intersección, el daño por humedad se daría, primeramente, en la adhesión, en tanto para espesores mayores, la falla en la cohesión sería determinante. Ese punto varía de acuerdo con la naturaleza del asfalto (o mástic), la tasa de carga y la temperatura de ensayo³⁵.

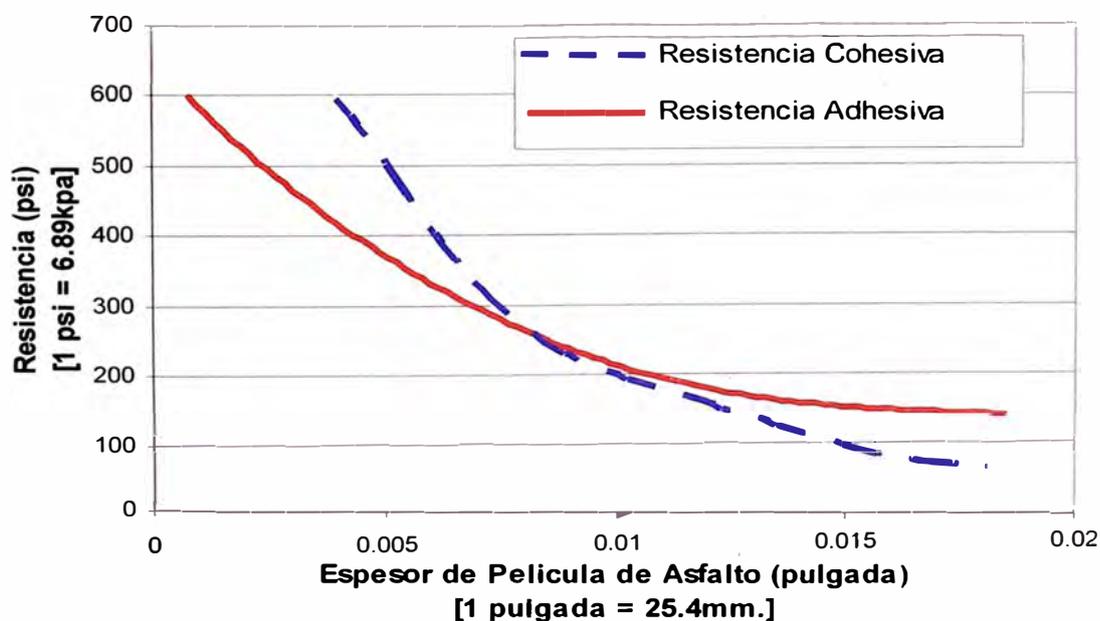


Figura 2.14.- Gráfico de resistencia cohesiva y adhesiva por espesor de película de asfalto, Fuente: (Little y Jones IV, 2003).

³⁵ Cfr.: Little y Jones IV (2003)

2.8 Metodologías de evaluación de la adhesividad

Diferentes metodologías y ensayos (tablas 2.1 y 2.2) buscan identificar problemas de pérdida de adhesividad entre el ligante y el agregado en mezclas asfálticas, teniendo como objetivo prever problemas que pueden ocurrir durante la vida útil del revestimiento de una carretera. De manera general, las metodologías pueden ser divididas en dos grupos. En el primer grupo encontrándose los ensayos en mezclas sueltas o no compactadas, y el segundo grupo procedimientos que utilizan muestras compactadas.

Tabla 2.1.- Ensayos de Adhesividad en mezclas sueltas (Fuente: Solaimanian)

Ensayo	ASTM	AASHTO	Otros
Azul de metileno			Boletín Técnico 145, International Slurry Seal Association
Film Stripping			(California test 302)
Inmersión Estática	D1664*	T182	
Inmersión Dinámica			
Inmersión Química (Riedel Weber)			metodo Estandar TMH1 (Road Reserch Laboratory 186, Inglaterra)
Reacción Superficial (Surface Reaction)			Ford et al (1974)
Quick Bottle			Virginia Higheay and Transportation Research Council (Maupin 1980)
Por Ebullición	D3625		Tex 530-C, Kennedy et al 1984
Net absorption			SHRP A-341 (Curtis et al, 1993)
Energía Superficial (Surface Energy)			Thelen 1958, HRB boletín 192 Cheng et al, AAPT 2002
Pneumatic Pull-Off			Youcheff y Aurilio (1997)

(*) La norma ya no esta vigente

Tabla 2.2.- Ensayos de Adhesividad en mezclas compactadas (Fuente: Solaimanian)

Ensayo	ASTM	AASHTO	Otros
Moisture Vapor Susceptibility			California test 307 Desarrollado en los años 1940s
Inmersión - compresión	D1075	T165	ASTM STP 252 (1959)
Marshall inmersión			Stuart 1986
Freeze - Thaw Pedestal test			Kennedy et al 1982
Tracción Indirecta Lottman Original			NCHRP Reporte 246 (Lottman 1982)
Tracción Indirecta Lottman Modificado		T283	NCHRP Reporte 274 (Tunncliff y Root 1984), Tex 531-C
Tunncliff - Root	D4867		NCHRP Reporte 274 (Tunncliff y Root 1984), Tex 531-C
ECS con modulo resiliente			SHRP - A - 403 (Al - Swailmi y Terrel, 1994)
Hamburg Wheel tracking			Tex - 242 - F 1993
ECS/SPT			NCHRP 9-34 2002-03

2.8.1 Evaluación de la Adhesividad en mezclas no compactadas.

Este tipo de evaluación es realizado, con agregados revestidos por una película de ligante en la presencia de agua. En estos métodos la evaluación de la adhesividad se realiza de forma visual y consiste, básicamente, en la cuantificación, del porcentaje de área superficial del agregado que fue descubierta o desprendida de ligante, durante la realización del ensayo. La facilidad de ejecución, el bajo costo de los equipos y la simplicidad del procedimiento son las ventajas de estos métodos de evaluación, pero no son capaces de reproducir la acción del tráfico y el mecanismo de la presión de poros que suceden en el campo.

Este tipo de ensayos son usados de manera eficaz para comparaciones entre diferentes sistemas ligante-agregado, en términos de compatibilidad, fuerza de adhesión y desprendimiento de la película de asfalto de la superficie del agregado; sin embargo buenos resultados no garantizan la efectividad en el campo³⁶.

2.8.1.1 Ensayo de azul de metileno (Methylene Blue Test)

La prueba de azul de metileno es usado para identificar el polvo dañino y las arcillas presentes en los agregados. Esta prueba no es directamente una medida de la pérdida de adhesividad del asfalto y agregado. Sin embargo, los resultados pueden ser usados para decidir si existe la posibilidad de una mala adherencia, porque si los agregados están cubiertos por arcilla del tipo montmorillonita, no se llevará un adecuado revestimiento entre el asfalto y los agregados.

El método fue desarrollado inicialmente en Francia y después recomendado por la International Slurry Seal Association (ISSA), y usado para medir la cantidad de arcilla del grupo mineral montmorillonita, materia orgánica e hidróxido de hierro presente en los agregados finos y el filler. El método de ensayo "Valor de absorción azul de metileno (MBV), para minerales agregados finos y fillers, figura en el Boletín Técnico 145 de la AISS (1989). En la prueba,

³⁶ Cfr.: Solaimanian et al (2003)

se disuelve azul de metileno (MB) en agua destilada con una determinada concentración. Se agita en agua destilada na cantidad conocida de filler de 75 micras se añade gotas de solución de azul de metileno, de 0,5 ml. con una bureta. Después de la adición de cada gota de la solución azul de metileno, se retira una gota utilizando la varilla de agitación y se coloca en papel filtro. El ensayo continúa hasta que se forme un halo de luz azul alrededor de la gota sobre el papel filtro. La absorción del azul de metileno por la arcilla presente en el agregado es usada para determinar la cantidad de las arcillas del grupo mineral montmorillonita presente en la muestra. Cuanto mayor fue la absorción del azul de metileno, mayor será la presencia de arcillas perjudiciales. La presencia de estos materiales indica que existe una gran posibilidad de problemas futuros con relación a la adhesividad.

2.8.1.2 Film Stripping Test (California Test 302)

Este método de ensayo, normalizado por el *Department Of Transportation California* (1999), se trata de una versión modificada del procedimiento de ensayo AASHTO T182 (Recubrimiento y desprendimiento de mezcla asfalto agregado). Se recubren 60 gramos de agregado pasante por el tamiz 3/8" (9.5mm) y retenido en el tamiz N°8 (2.36mm.) con asfalto y se colocan en el horno a 60 °C por 15 a 18 horas. Luego, la muestra es enfriada a temperatura ambiente en un frasco con aproximadamente 175 ml de agua destilada. El frasco es tapado y posicionado en un aparato de prueba (*figura 2.15*) que gira a razón de unos 35 ± 2 rpm durante 15 minutos. Después de este periodo la muestra es retirada y el porcentaje de área de agregado que fue descubierto es evaluada mientras la muestra es observada sobre una luz fluorescente. Los resultados son presentados en términos de porcentaje total de la superficie descubierta o desprendida del asfalto.

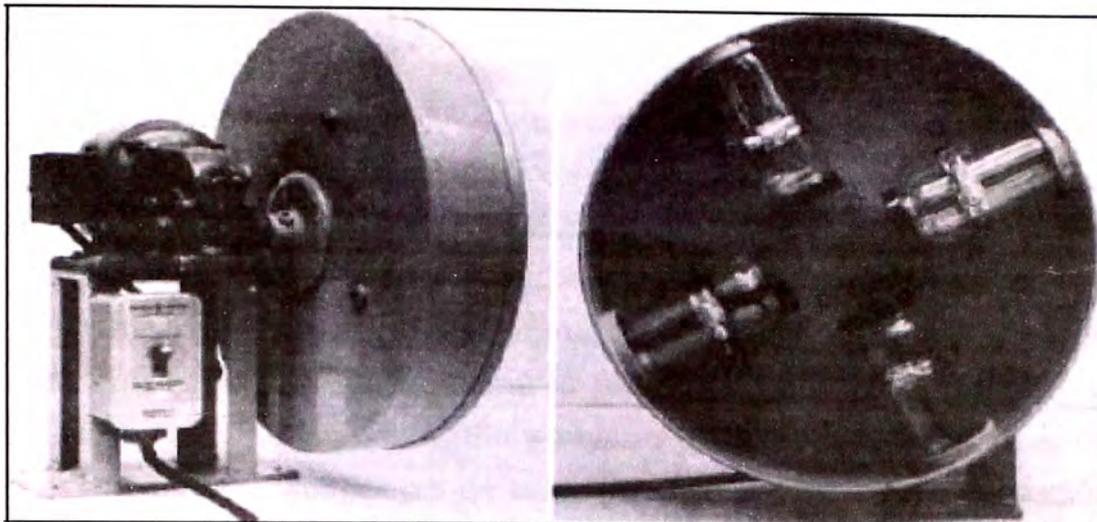


Figura. 2.15. - Aparato California Test 302

Fuente: Department Of Transportation California (1999).

2.8.1.3 Prueba de inmersión estática (AASHTO T182).

Aunque esta prueba todavía continua como un método estándar bajo la norma AASHTO, ya no está disponible como una norma ASTM (originalmente normada por ASTM D1664). El ensayo consiste en someter 100g de agregado (pasante por el tamiz 3/8" y retenida en el tamiz 1/4"), previamente lavada y seco en estufa, recubierto por una película de asfalto, se cura durante 2 horas a 60 ° C y se enfría a temperatura ambiente. Luego se coloca en un frasco de vidrio y cubiertas con 600 ml de agua destilada y se coloca a 25 °C en baño de agua y dejar durante 16 a 18 h. El porcentaje de desprendimiento es visualmente estimado. El porcentaje de área cubierta estimada se expresara como "Superior o Inferior" al 95%. Los resultados de las pruebas han indicado que colocar las muestras a 60 °C en lugar de baño de 25 °C durante 18 h aumenta la cantidad de stripping.

En el Perú este ensayo esta documentado por la norma MTC E517 – 2000 con el titulo "Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos (incluye emulsiones) en presencia del agua stripping mezclas abiertas y/o T.S." referente a la prueba en mención.

2.8.1.4 Prueba de inmersión dinámica.

El ensayo de inmersión dinámica se usa para acelerar el desprendimiento de la película de asfalto de los agregados en comparación al efecto estático de la prueba de inmersión (AASHTO T182). La prueba no ha sido normalizada y su uso es poco difundido. Las muestras de asfalto-agregado se preparan de la misma manera que para la prueba de inmersión estática sino que son sometidos a 4 h de agitación. Como el período de agitación aumenta, el grado de desprendimiento aumenta. Sin embargo ambos ensayos pruebas de inmersión estática y dinámica, dejan de tener en cuenta el efecto de la presión de poros y la acción del tráfico, como es el caso de todas las pruebas sobre las mezclas sueltas³⁷.

2.8.1.5 Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (Procedimiento Riedel – Weber).

El método de ensayo cubre la determinación de la adhesividad de los ligantes bituminosos al agregado fino, arenas naturales o de chancado. El ensayo consiste en someter diferentes porciones de la muestra del árido envuelto con ligante a la acción de soluciones de carbonato sódico de concentración molar creciente. Las disoluciones de carbonato sódico se preparan a partir de carbonato de sodio, Na_2CO_3 puro, anhidro y agua destilada.

La disolución de concentración molar, M/1, se obtiene disolviendo 106 g (masa molecular) de carbonato sódico anhidro en agua destilada hasta totalizar un litro de disolución. Las demás concentraciones M/2, M/4, M/8,..... M/256, se elaboran diluyendo, sucesivamente, la disolución molar M/1. El aumento de las concentraciones de carbonato de sodio (Na_2CO_3) que se utilizan, llevan los números 0 a 9, el número cero se refiere a agua destilada, 1 implica 0,41 g de carbonato de sodio en 1 L de agua, y 9 se refiere a la mayor concentración, que es de 106 g de Na_2CO_3 en 1 L de agua.

³⁷ Cfr.: Solaimanian et al. (2003)

Se tamizan 200 g del agregado fino, obtenidos anteriormente mediante cuarteo, por los tamices N°30 y N°70, la fracción así obtenida se lava sobre el tamiz N° 70 para eliminar totalmente el polvo que pueda estar adherido a las partículas del árido, luego sacadas en el horno. El agregado se mezcla con el asfalto en proporciones de 71 volúmenes de agregado y 29 volúmenes de asfalto, a la temperatura requerida, después enfriado a temperatura de ambiente. De esta mezcla son preparadas once porciones de unos 0.5 g cada una, luego introducidas en cada uno de los tubos de ensayo que se enumeran del 0 al 9 y llevan la solución anteriormente indicada con variación en la concentración según el número que le corresponde. Para después someterlos en ebullición suave durante 1 minuto aproximadamente, en seguida por observación visual determinar el desplazamiento entre el asfalto y el árido y así sucesivamente hasta encontrar el desprendimiento parcial y total del asfalto³⁸.

En el medio técnico internacional es conocido como “Ensayo de inmersión química” (Chemical Immersion Test), la norma Española NLT 355/74 se usa como referencia en MTC E220 – 2000, que reglamenta este ensayo.

2.8.1.6 Ensayo de reacción superficial (Surface Reaction Test)

Procedimiento de prueba desarrollado para cuantificar el nivel de pérdida de adhesividad o stripping en mezclas asfalto-agregado. Desarrollado por *Ford et al (1974)*, con el fin de eliminar los problemas surgidos con la calificación visual de otros métodos. Este ensayo está basado en el principio de que los minerales de calcáreos o silíceos reaccionan con un agente reactivo apropiado generando un gas como producto de la reacción química. Este gas generado dentro de un contenedor sellado, genera una cierta presión que se puede considerar proporcional al área de los minerales expuestos a los reactivos. El agente reactivo es típicamente un ácido³⁹.

El ensayo se realiza después de que la mezcla asfalto agregado haya sido sometido a los efectos de stripping por la acción del agua. Cuanto mayor es el área superficial de agregado expuesto, generará mayor presión de gas. Las

³⁸ Cfr.: MTC-E220 - 2000

³⁹ Cfr.: Solaimanian et al, 2003

ventajas de la prueba son que es simple y reproducible y toma menos de 10 minutos en realizar. Una desventaja es que la prueba requiere el uso de ácidos tóxicos y altamente corrosivos.

2.8.1.7 Método de ensayo para evaluar el efecto del agua sobre agregados con recubrimiento asfáltico usando agua hervida

El procedimiento también conocido como prueba de ebullición de Texas (Texas Boiling Test), fue desarrollado por Kennedy et al. (1982 – 1984). El ensayo consiste en la adición de la mezcla asfalto-agregado sea colocado en un baño en ebullición y que permanezca en esas condiciones por 10 minutos. Después de este periodo la muestra es dejada a temperatura de ambiente hasta enfriarla. En seguida el agua es drenada y la mezcla colocada en papel toalla para que seque, para luego por evaluación visual de la muestra determinar cualitativamente el nivel de desprendimiento del ligante de los áridos y así evaluar la adhesividad. Este procedimiento de ensayo es un método rápido para evaluar la sensibilidad a la humedad de una mezcla asfalto-agregado. Sin embargo, no toma en cuenta las propiedades mecánicas, como la acción del tráfico. La prueba también es subjetiva y cualitativa, y los resultados son juzgados sobre la base de una calificación visual. Una aplicación útil de la prueba podría ser usada como una evaluación rápida de las diferentes combinaciones de asfalto-agregado. El procedimiento se ha normalizado como ASTM D3625 (evaluación del efecto del agua sobre agregados con recubrimiento asfáltico usando agua hervida) y en nuestro país como MTC E521 – 200.

Este método también es utilizado en Japón, y la modificación respecto al método original ASTM D3625 es que la mezcla agregado-asfalto se pone en un baño de agua a 80°C durante 24 horas en vez de 10 minutos a la temperatura de ebullición del agua.

2.8.1.8 Net Adsorption Test

Conocido como NAT, este ensayo fue desarrollado en la década de los 90 dentro del programa SHRP⁴⁰. El ensayo comprende dos etapas.

En la primera etapa el asfalto es absorbido por el agregado de una solución de tolueno. La concentración de asfalto en la solución de tolueno es de 0.6 g/l. el asfalto utilizado debe de ser previamente sometido a un acondicionamiento en estufa RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) a la temperatura de 163 °C por un periodo de 5 horas. Esa etapa de absorción dura 7 horas. La cantidad de asfalto restante en la solución es medida y la cantidad de asfalto que fue absorbida por el agregado es calculada.

En la segunda etapa es adicionada una pequeña cantidad de agua al sistema y parte del ligante asfáltico es removida de la superficie del agregado. Esta fase dura 2 horas. La cantidad de asfalto presente en la solución es entonces medida y la cantidad de asfalto que permanece en el agregado es calculada.

La cantidad de asfalto que después del ensayo, continúa adherida en la superficie del agregado es el valor de absorción que define el resultado del ensayo. Este ensayo posibilita la comparación directa de la afinidad entre diferentes mezclas de asfalto-agregado. Con base en la realización de este ensayo en el reporte SHRP A-341 consiguieron determinar los grupos funcionales del cemento asfáltico mas fácilmente absorbidos y también aquellas que, en presencia del agua, eran prontamente removidos de la superficie.

2.8.1.9 Método de la energía superficial libre

En los últimos años, investigadores vienen realizando estudios en el sentido de establecer una correlación entre energía superficial libre y la adhesividad entre el ligante y el agregado.

⁴⁰ Cfr.: Curtis et al. (1993) SHRP Reporte A-341

El principio por el cual se usa el concepto de energía superficial libre es que la cohesión del asfalto y la adhesión entre el ligante y agregado están relacionadas con la energía superficial libre del asfalto y del agregado.⁴¹ La adhesión entre el ligante y el agregado es facilitada por la reducción de la energía superficial libre del agregado⁴². Investigadores de Texas A&M University demostraron la efectividad de este concepto usando tres tipos diferentes de agregado y dos ligantes como parte del programa SHRP. La deformación permanente en muestras de mezclas compactadas en laboratorio se correlaciona bien con los valores de energía superficial libre de los asfaltos y agregados, usados en la investigación en condiciones seca y húmeda.

La energía superficial libre del asfalto es determinada a través del procedimiento conocido como "*wihelmy plate test*". En este ensayo se mide, el ángulo de contacto dinámico entre el asfalto y un solvente es medido. Para el agregado la energía superficial libre es medido por medio de un dispositivo desarrollado por la Texas A&M University conocido como *Universal Sorption Device*.

2.8.1.10 Pneumatic Pull-Off Test

El procedimiento experimental de este ensayo mide la tensión y la fuerza de ligación de un cemento asfáltico aplicado sobre una placa de vidrio en función del tiempo de exposición a la acción del agua. Una muestra de ligante, con 1% en peso de gránulos de vidrio, es aplicada sobre un disco poroso que es presionada contra una placa de vidrio. La finalidad de los gránulos de vidrio es controlar el espesor de la película de asfalto. El resultado del ensayo es la presión necesaria para desprender la muestra a una temperatura de 25°C⁴³.

Ensayos realizados con este equipamiento (Figura 2.16) indicaron, como ya era esperado, que el tiempo de exposición de la muestra, a la acción del agua es factor decisivo para la adhesividad en mezclas asfálticas. El procedimiento es normado por la ASTM D4541.

⁴¹ Cfr.: Solaimanian et al. (2003)

⁴² Cfr.: Little y Jones (2003)

⁴³ Cfr.: Solaimanian et al, (2003)



Figura 2.16. Vista del equipamiento Pneumatic Pull-Off Test.

Fuente: Solaimanian et al, 2003

2.8.2 Evaluación de la adhesividad en mezclas asfálticas compactadas

Estos métodos utilizan especímenes moldeados en el laboratorio o extraídos de pista. Normalmente las muestras sufren algún tipo de acondicionamiento y son entonces sometidos a diferentes ensayos. Los resultados, casi siempre, expresados a través de la razón entre los valores obtenidos entre las muestras que sufrieron acondicionamiento y las muestras vírgenes.

2.8.2.1 Ensayo de inmersión – compresión (efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas compactadas)

El ensayo de inmersión-compresión, procedimiento que fue originalmente publicado como ASTM D1075-49, evalúa la adhesividad en mezclas asfálticas por efectos de la humedad. El procedimiento también es normalizado por AASHTO T165.

En este ensayo se calcula la pérdida de resistencia a la compresión simple debido a la acción del agua en muestras de mezclas asfálticas compactadas. El procedimiento consiste en preparar seis muestras o probetas y dividirlos en dos grupos. El primero, debe permanecer a la temperatura de 25

°C por un periodo de 4 horas siendo después sometido al ensayo de compresión axial simple con deformación vertical uniforme de 0.05 mm. /min.

El segundo grupo debe de ser inmerso en baño de agua a 49°C por 4 días, siendo después transferido a un baño de agua a 25°C por 2 horas. Se realiza entonces el ensayo de compresión simple. Un enfoque alternativo es acondicionar las probetas en baño de agua a 60°C durante 24 horas, reduciéndose de esta forma el tiempo necesario para la realización del ensayo, e igual al anterior someter a compresión simple. Finalmente se calcula el índice de resistencia a la compresión retenida dividiendo la media de los valores obtenidos por el segundo grupo, entre la media de referentes al primer grupo.

Se adopta normalmente, un valor de referencia mínimo de 70% para el índice de resistencia a la compresión. La falta de control del volumen de vacíos de las muestras y el tiempo necesario para la realización del ensayo (4 días) son desventajas que presenta el ensayo⁴⁴.

2.8.2.2 Prueba de inmersión Marshall

La fase de acondicionamiento de esta prueba es idéntica a la utilizada para la prueba de inmersión-compresión. Sin embargo, la estabilidad Marshall se utiliza como parámetro de la fuerza en lugar de la compresión.

2.8.2.3.- Moisture Vapor Susceptibility

El procedimiento es utilizado por el Departamento de Transporte de California (California test method 307). Dos muestras son preparadas y compactados utilizando el compactador por amasado, que mezcla el diseño para las pruebas. La superficie compactada de cada muestra se cubre con una tapa de aluminio, y un sellador de silicona que se aplica alrededor de los bordes para evitar la fuga de vapor de la humedad. Un montaje con filtro y almohadilla, sella la tapa, y deja un conducto para el vapor de agua a disposición de la muestra colocando el extremo del conducto libre en el agua. Después de ensamblado se deja en un horno a 60 °C durante 75 horas, la muestra se extrae y se prueba de

⁴⁴ Cfr.: Solaimanian et al. (2003)

inmediato en el estabilometro Hveem. Finalmente se compara entre el resultado de las muestras acondicionadas y no acondicionadas.

2.8.2.4 Repeated Pore Water Pressure Stressing and Double-Punch Method

Este procedimiento de ensayo fue desarrollado por Jiménez en la Universidad de Arizona (1974). La prueba cae en la categoría de los que incluyen medición de la combinación de propiedades mecánicas y de los toman en cuenta la carga dinámica del tráfico. Para captar el efecto de la presión de poros del agua, los especímenes compactados son sometidos a presión cíclica bajo el agua. La carga no esta directamente en contacto con la muestra, esto se logra haciendo, una mayor generación de presión cíclica en el agua a una velocidad de 580 rpm. La presión de agua se genera entre 35 y 127 kPa, que según Jiménez, se encuentra dentro de una gama comparable a la presión generada por el tráfico en los pavimentos saturados. Una vez completada la inducción cíclica de la presión del agua, la resistencia a la tracción de los especímenes se determina mediante el uso de dos barras de acero colocadas a los extremos de la muestra, con la ayuda de una prensa. Este trabajo realizado por Jiménez da lugar a la metodología de Lottman⁴⁵.

2.8.2.5 Ensayo de tracción indirecta Lottman original

Desarrollado por Robert P. Lottman en la Universidad de Idaho, a finales de la década de 1970, el ensayo Lottman tiene por finalidad evaluar la adhesividad de las mezclas asfálticas compactadas sometidos las muestras a saturación y a ciclos térmicos.

El procedimiento Lottman original consiste en elaborar nueve especímenes o briquetas marshall, con volumen de vacíos igual al encontrado en campo, y dividido en tres grupos.

El primer grupo es ensayado sin acondicionamiento (virgen)

⁴⁵ Cfr.: Solaimanian et al. (2003)

El segundo grupo es inmerso en agua destilada y sometido a un vacío de 660 mmHg por un periodo de 30 minutos para la saturación. En seguida, las muestras deben permanecer a presión atmosférica por, un mínimo, de 2 horas después serán ensayadas.

El tercer grupo sufre el proceso de saturación idéntico al segundo grupo y después es congelado a temperatura de -18°C por un periodo de 15 horas. Luego, las muestras son transferidas a un baño de 60°C por 24 horas para luego ser sometidos a rotura.

Todas las muestras son sometidas primeramente a ensayo de modulo de resiliencia y, en seguida, al de resistencia a tracción por compresión diametral. Se determina la resistencia a la tracción (RRT) y la razón del modulo de resiliencia (RMR), haciendo la relación entre las media aritméticas de los valores obtenidos para las muestras que sufrieron acondicionamiento y los valores de las muestras vírgenes. Lottman reportó que las mezclas con RRT mayor al 70% tienen un buen comportamiento en el campo en lo que se refiere a la adhesividad.

2.8.2.6 Ensayo de tracción indirecta Lottman modificado (AASHTO T-283)

El ensayo Lottman modificado, AASHTO T283, "Resistencia de mezclas bituminosas compactadas a los daños por humedad inducida", es uno de los procedimientos mas utilizados para determinar la susceptibilidad a la humedad que genera la perdida de adhesividad en las mezclas asfálticas HMA. La prueba es similar al ensayo Lottman original, con algunos cambios. Una de las modificaciones es la saturación al vacío que es seguido hasta lograr un nivel de saturación entre 70% hasta 80%, en 5 minutos en comparación al Lottman original que se requiere de 30 min. Otro cambio es la temperatura de prueba y en la velocidad de carga de la prueba de resistencia. El procedimiento del lottman modificado requiere una velocidad de carga de 50.8mm/min a 25°C , en lugar de 1.65mm/min a 12.7°C . Una tasa más alta de la carga y una temperatura mayor fueron seleccionadas para permitir el ensayo de los especimenes con un equipo de estabilidad Marshall, disponible en la mayoría de los laboratorios de

asfalto. La temperatura más alta también elimina la necesidad de un sistema de refrigeración.

Este ensayo fue adoptado por el sistema Superpave (Superior Performing Asphalt Pavement) para la verificación del daño causado por la humedad inducida en mezclas asfálticas. Después de esta adopción el ensayo se tornó en el método más usado para la verificación de la acción del agua en la adhesividad en mezclas asfálticas en los Estados Unidos⁴⁶, y ahora se ha adoptado en varios países de Latinoamérica incluyendo el Perú.

Las modificaciones con respecto al Lottman original son básicamente, las siguientes:

- La mezclas antes de ser compactada son acondicionadas que consiste en dejar la mezcla asfalto-agregado a temperatura de ambiente por 2 horas, y someterlo a un curado en el horno a 60°C por 16 horas seguido de una cura de 2 horas en el horno a temperatura de compactación.
- El porcentaje de los vacíos de las muestras de prueba deben de ser 7% ± 0.5%.
- El grado de saturación de las muestras debe de estar entre 70% y 80% y el tiempo y la magnitud del vacío deben de ser adecuados.
- Solamente el ensayo de tracción en forma indirecta es realizado.
- Se preparan seis muestras, que son divididos en dos grupos. Un grupo es ensayado sin acondicionamiento, y el segundo grupo son sometidos a saturación al vacío hasta alcanzar un grado de saturación mínima de 70% y máximo del 80%, congelamiento a -18°C por 16 horas, e inmersión en baño a 60°C por 24 horas.
- Antes de realizar el ensayo de tracción son estabilizadas las temperaturas en baño a 25°C tanto las muestras acondicionadas y sin acondicionar.
- El ensayo de tracción se realiza a una velocidad de 50.8mm/minuto.

Cfr.: Solaimanian et al, 2003



Figura 2.17.- Esquema del ensayo AASHTO T283 Lottman Modificado

Este ensayo posee la sensibilidad necesaria para prever el comportamiento de las mezclas asfálticas frente a la humedad, así como la evaluación de las mezclas asfálticas con adición de los aditivos mejoradores de adhesividad⁴⁷.

2.8.2.7 Tracción indirecta, procedimiento Tunnickliff - Root (ASTM D-4867)

Método de prueba que surge de la modificación del ensayo lottman y estudiado por Tunnickliff y Root, Similar al AASHTO T-283, con algunas variaciones el mismo que fue normada con la ASTM D4867, este método determina que sean preparadas seis muestras o probetas marshall con porcentaje de vacíos de $7\% \pm 1\%$. Ese volumen de vacíos es obtenido a través de la reducción del número de golpes en la fase de compactación.

Las muestras son divididas en dos grupos iguales para la ejecución del ensayo. El primer grupo es sometido al ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral sin acondicionamiento.

⁴⁷ Cfr.: Hicks (1991)

Las muestras del segundo grupo son sometidas a saturación forzada de agua a través de la aplicación de vacío de 508 mmHg durante 5 minutos. El grado de saturación de las muestras debe de estar entre 55% y 80%. En seguida, las muestras son transferidas a un baño de agua a 60°C durante 24 horas. Antes de la ejecución del ensayo de resistencia a la tracción, las muestras son inmersas en otro baño de agua a 25°C por un periodo de 2 horas.

Se calcula, el índice de razón de resistencia a la tracción, (RRT), dividiéndose la media de los valores obtenidos para el segundo grupo entre la media de los referentes al primer grupo.

Las muestras con RRT superior a 80% deben, presentar buen desempeño en campo. El método prevé además un acondicionamiento opcional más severo que incluye el ciclo de congelamiento y saturación, además no se considera el curado de la mezcla suelta en un horno a 60°C durante 16 horas, prevista en AASHTO T-283.

2.8.2.8 Texas Freeze-Thaw Pedestal Test

Este procedimiento, inicialmente desarrollado por Plancher et al, en 1980 y posteriormente modificada por Kennedy et al, en 1982. El método recomienda que la preparación de las muestras utilice agregado con fracción comprendida entre los tamices N° 20 (0.84mm) y N° 30 (0.59mm.). El porcentaje de ligante a ser utilizada esta fijada en 5%. Los briquetas cilíndricos (41.4mm. de diámetro y 19.05mm. de altura) son moldeados a través de la aplicación de una carga axial de 2.8 kgf por un periodo de 15 minutos⁴⁸.

Después de un periodo de cura igual a 3 días a 25°C, el espécimen es posicionado encima de un soporte (Pedestal) localizado en el interior de un frasco de vidrio lleno de agua destilada (figura 2.18). Sometiéndose entonces a la muestra a ciclos de congelamiento a -12°C por 15 horas y calentamiento a 49°C por 9 horas. Después de cada ciclo se observa la superficie de la muestra para la verificación del apareamiento de fisuras. El número de ciclos necesarios para el apareamiento de la primera fisura traduce el resultado del ensayo.

Cfr.: Solaimanian et al, 2003

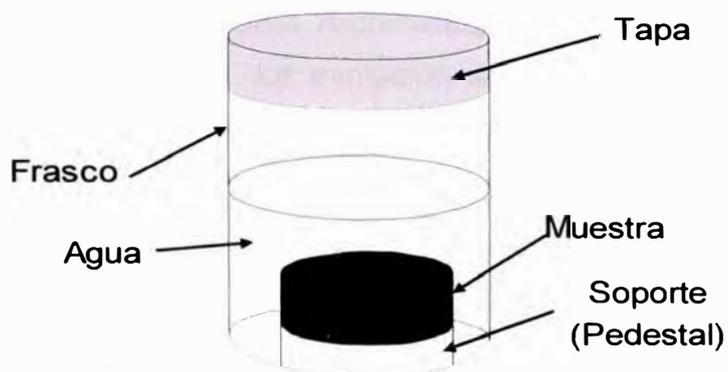


Figura. 2.18. – Esquema del ensayo Pedestal

Fuente: Solaimanian et al. (2003)

2.8.2.9 Rueda cargada de hamburgo “Hamburg Wheel-Tracking Device” (HWTD)

El HWDT fue desarrollado en la década de 1970 en Hamburgo, Alemania. Este dispositivo mide los efectos combinados del daño por humedad y ahuellamiento a través de la acción de una rueda de acero en la superficie de una muestra de mezcla asfáltica inmerso en agua a temperatura elevada⁴⁹.

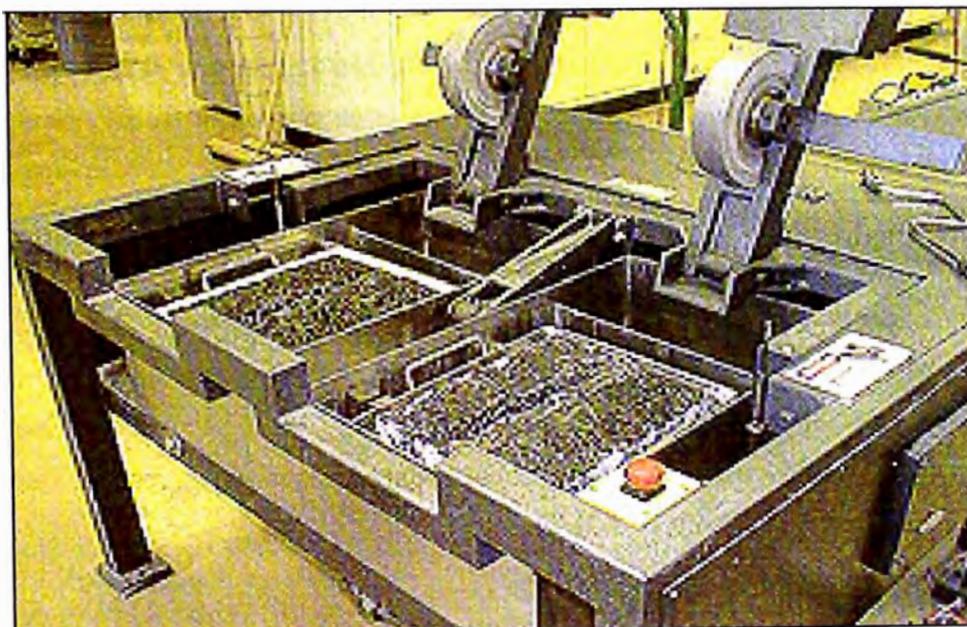


Figura. 2.19.- Foto del Hamburg Wheel-Tracking Device

Fuente: Romero y Stuart (1998)

⁴⁹ Cfr.: Romero y Stuart 1998.

Inicialmente el equipo era utilizado solamente para la evaluación del ahuellamiento y el procedimiento recomendaba 9,540 pasadas de la rueda a temperatura de 40°C ó 50°C. La evolución del método aumento el número de pasadas hasta 19,200, el que acabó revelando que algunas mezclas presentaban deterioros debido a problemas en la adhesividad antes de 10,000 pasadas de la rueda.

Los resultados del ensayo son ploteados en un grafico (figura 2.20) que indica el número de ciclos por deformación permanente. La curva de resultados del ensayo muestra una parte relativa a la consolidación de la muestra, otra región donde la inclinación de la curva es conocida como "Rutting Slope", y otro tramo donde la inclinación de la curva es denominada "Stripping slope" y el punto de inflexión conocido como "Stripping Inflection Point". La deformación medida en 1,000 ciclos es el tramo relativo a la consolidación de la muestra.

El punto "Stripping Inflection Point" es el número de pasadas correspondiente al punto de inflexión de la curva y ello representa el grado de resistencia de la mezcla al daño por humedad, siendo considerado además como el punto de inicio del stripping⁵⁰.

En los pavimentos con buen desempeño en el que se refiere a la adhesividad o "Stripping Inflection Point" es superior a 10,000 ciclos, mientras en los pavimentos que presentan problemas de adhesividad en menos de 1 año, el "Stripping Inflection Point" han sido obtenidas valores inferiores a 3,000 ciclos, además se ha observado que los resultados del HWTD son sensibles a algunas propiedades del agregado, como, por ejemplo, la presencia de arcilla en la superficie de los agregados. Igualmente se ha verificado una excelente correlación entre los resultados de laboratorio del HWTD y el daño causado por la humedad observado en los revestimientos asfálticos en el campo⁵¹.

⁵⁰ Cfr.: Hunter, 2001

⁵¹ Cfr.: Solaimanian et al, 2003

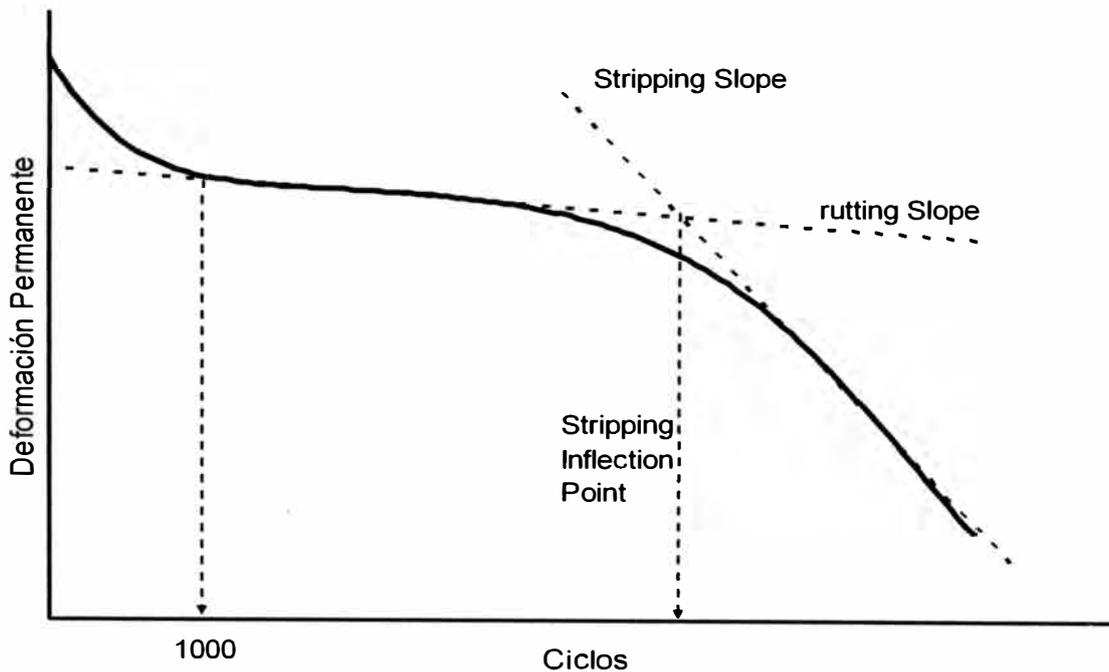


Figura 2.20.- Gráfico esquemático de los resultados del HWTM

Fuente: Anderson (2002)

2.8.2.10 Ensayo cantabro.

El ensayo cantabro, desarrollado en España (Universidad de Cataluña) utiliza la máquina de abrasión Los Ángeles, en nuestro país este procedimiento está normalizado por la MTC E 515-200 para la caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo cantabro de pérdida por desgaste.

El procedimiento consiste, básicamente, en preparar briquetas marshall con elevado porcentaje de vacíos y someterlos, de uno en uno por vez, a 300 revoluciones en la máquina de abrasión Los Ángeles, sin las esferas abrasivas, a una velocidad de 30 a 33 rpm. Se moldean 4 especímenes y, después de 6 horas de reposo a 25°C de temperatura, se realiza el ensayo. Luego de retirar la muestra de la máquina se determina su masa. Se calcula el índice de pérdida de masa del ensayo cantabro, haciendo la relación entre la masa perdida y la masa inicial de la muestra. Se considera aceptable una pérdida de 25% de masa en el ensayo.

Existe también un acondicionamiento opcional que puede ser realizado antes de la ejecución del ensayo para evaluar la acción del agua en las mezclas asfálticas. Este acondicionamiento consiste en someter las muestras a un baño de agua a 60°C por un periodo de 24 horas seguido por un baño a 25°C por 24 horas.

2.8.2.11 Sistema de acondicionamiento ambiental “Environmental Conditioning system” (ECS)

Como parte del programa de investigación SHRP, de los mecanismos responsables de daños causados por la humedad en mezclas asfálticas, fueron ampliamente investigados, y un nuevo sistema para predecir la pérdida de adhesividad en HMA se desarrollo. El procedimiento de prueba ECS se desarrollo en la *Universidad Estatal de Oregon (OSU)*. Designado como AASHTO TP34, “determinación de la sensibilidad a la humedad en mezclas bituminosas compactadas sometidas a condiciones de clima caliente y fría”, se realizó con la finalidad de cuantificar el efecto del agua en la rigidez y la permeabilidad de las mezclas asfálticas. El ensayo es realizado en condiciones de temperatura, humedad de saturación y cargas dinámicas que busca simular las condiciones que ocurre en campo⁵².

Las muestras utilizados en el ECS poseen 102 ± 4 mm de diámetro y 102 ± 4 mm de altura y deben de tener porcentaje de vacíos igual a $7.5\% \pm 0.5\%$. La compactación de las muestras es hecha en compactador giratorio y, después de un periodo de enfriamiento, estas son envueltas en membrana de látex y sellada con sellador de silicona. Las muestras son entonces reservadas por un mínimo de 15 horas para que sequen. Luego es colocada en el marco de carga del ECS para determinar la permeabilidad y el módulo resiliente (MR) de la muestra seca, la muestra es saturada a través de la aplicación de un vacío (508 mmHg) que succiona agua destilada para el interior de la muestra por un periodo de 20 minutos. Se determina la permeabilidad, iniciándose entonces, el llamado “hot cycle” que consiste en calentar la muestra a 60°C por un periodo de 6 horas, mientras la muestra es sometido a carga axial repetida de 124 kPa. Enfriándose luego a 25°C por 2 horas y realizarse la determinación de la permeabilidad y el

⁵² Cfr. AL-Swailmi y Terrel, 1994

módulo de resiliencia. El proceso es repetido por dos ciclos más. Cuando el módulo de resiliencia de la muestra condicionada queda debajo del 70% de la muestra "Virgen", se considera que la mezcla asfáltica es susceptible a problemas de adhesividad.

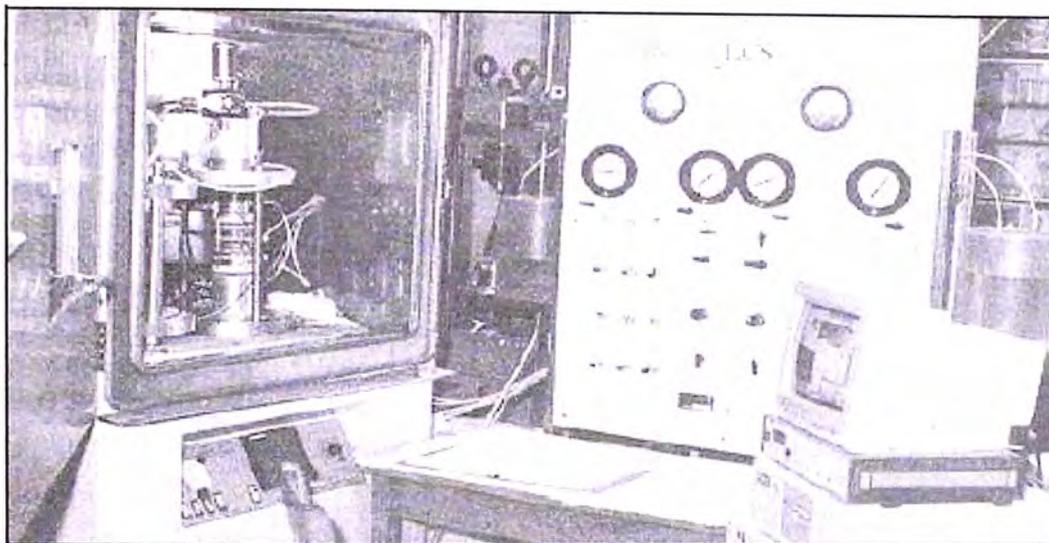


Figura. 2.21.- Foto del ECS Fuente: Anderson (2002)

La utilización del ECS representa una ventaja de permitir la simulación de la acción del tráfico y el consecuente efecto del mecanismo de presión de poros que influencia fuertemente el daño debido a la humedad en revestimientos asfálticos. Sin embargo, el procedimiento de ensayo es muy largo y complicado y a la vez costoso por el equipamiento, siendo necesarios simplificaciones antes de que el método pase a ser adoptado como rutina para proyectos de mezclas asfálticas y evaluación de la adhesividad⁵³.

2.9.2.12.- Ensayo de abrasión Deval.

Conocido como ensayo francés de abrasión Deval, este procedimiento evalúa la susceptibilidad de las mezclas asfálticas a la acción deletérea del agua, a través del uso de un equipamiento compuesto por dos cilindros metálicos de 200mm de diámetro y 340 mm de altura.

⁵³ Cfr.: Solaimanian et al, 2003

Después de un periodo de 4 días de curado, son colocados dos briquetas Marshall en el equipamiento, una en cada cilindro, y entonces es adicionada agua a 2°C hasta que la muestra quede cubierto por 25 mm de agua. Enseguida los cilindros son cerrados herméticamente y la máquina es accionada realizando 1000 revoluciones a 33 rpm. Al final del ensayo las muestras son retiradas, secados y pesados para determinar la pérdida de masa.

CAPÍTULO III

3.0 APLICACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA.

El ensayo de resistencia a tracción indirecta es empleado como procedimiento de control de calidad de las mezclas asfálticas compactadas. Permitiendo determinar sus propiedades y características a temperaturas medias a bajas (<25°C), evaluando la pérdida de cohesión y adhesividad por efecto de saturación acelerada en agua.

El capítulo describe el proceso de la elaboración de las muestras teniendo en cuenta las características de los componentes del asfalto y agregados. Además se detallan los ensayos preliminares realizados a los agregados para la elaboración de las briquetas, mediante la metodología Marshall para la determinación de la resistencia a la tracción, tanto en muestras acondicionadas y muestras sin acondicionar.

Se desarrolló la implementación y adecuación del estabilómetro Marshall, para realizar ensayos de tracción indirecta que consiste en determinar la resistencia a la tracción por compresión diametral. Se incluye el proceso de diseño de la mordaza tipo Lottman, así como la inclusión de sensores como parte de la automatización del equipo y el software de adquisición de datos.

3.1 Desarrollo e implementación del equipo.

El ensayo de tracción indirecta por compresión diametral es desarrollado a nivel mundial. Este ensayo destinado a caracterizar originariamente la resistencia a la tracción en probetas de concreto de cemento Pórtland, fue adaptado, en los Estados Unidos de Norteamérica y en Brasil, para la determinación del módulo de deformación, la resistencia a la fatiga de mezclas asfálticas y la adhesividad en mezclas asfálticas compactadas. Esta aplicación se basa en:

- Ensayos sencillos de efectuar y de fácil de implementar.
- Probetas comunes del ensayo Marshall, elaboradas en laboratorio o en campo.
- Posee buena repetibilidad con bajo coeficiente de variación de sus resultados.
- Puede efectuarse ensayos con carga repetida y en condiciones de carga estática.

El Laboratorio N° 02 de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Facultad de Ingeniería Civil – UNI, cuenta con equipos de la metodología Marshall para el diseño y control de las mezclas asfálticas, que cuenta con una prensa para realizar ensayos de tracción indirecta.

Con el apoyo del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil – UNI y el Laboratorio, se desarrolló la automatización de la prensa Marshall y el diseño e implementación de una mordaza Lottman con la inclusión de sensores de lectura de deformación, dispositivos electrónicos y automatización desarrollado por profesionales en Electrónica.

3.1.1 Automatización del estabilómetro Marshall.

La estabilidad se leía a través de un dial analógico montado en un anillo de carga, y el flujo mediante un dial de deformaciones como se muestra en la fig. 3.1. Era necesario dos operarios para la realización del ensayo debido a los dos diales donde tomar las lecturas por otro lado la velocidad de aplicación de la carga, de 50.8 mm/minuto, hace que la duración del ensayo sea de 5 a 10 segundos, para lo cual se requería de destreza y concentración para tomar las lecturas con exactitud al momento de la falla del espécimen.

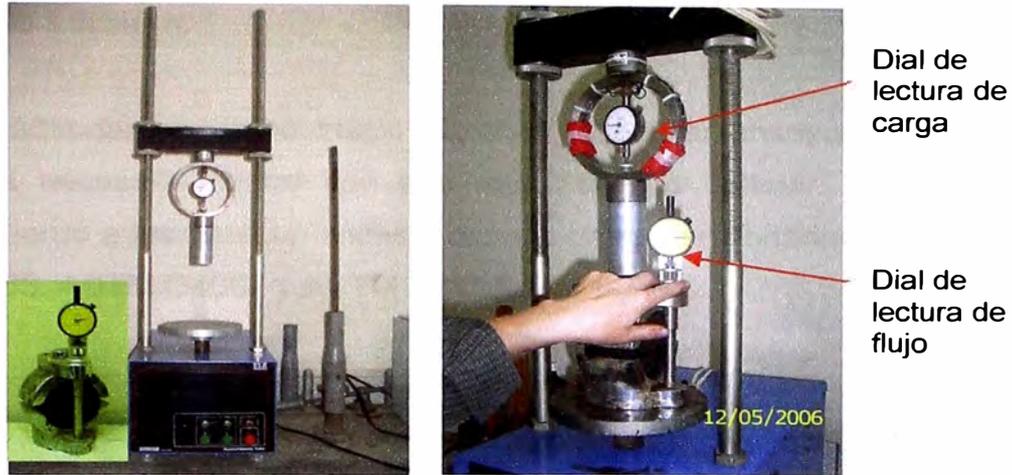


Figura 3.1 Prensa Marshall del Laboratorio de Mecánica de Suelos, antes de ser automatizado

Con el apoyo electrónico, se ha sistematizado el registro de la carga mediante la colocación de “strain gauge” en el anillo de carga. Estos sensores, al deformarse el anillo de carga generan cambio de potencial eléctrico emitiendo señales eléctricas, que llegan a un adquisidor de datos que filtra y convierte en señal digital, propiciando la lectura de la carga aplicada por la prensa en forma digital, ver fig. 3.2 (a).

3.1.2 Unidad de adquisición de datos (ADU).

Consiste de un dispositivo electrónico que recibe las señales eléctricas que generan los sensores, transductores, etc. Luego de recibir la señal eléctrica las filtran, amplifican y las convierten en señales digitales, recién estas señales pueden ser enviadas al computador para su procesamiento, ver fig. 3.2 (b).



(a) Strain gauge adheridos en el anillo de carga

(b) Unidad de adquisición de datos ADU y los sensores de deformación

Figura 3.2: Automatización de la prensa Marshall

3.1.3 Mordaza Lottman.

Para adecuar el estabilómetro Marshall y realizar ensayos de tracción indirecta, era necesario contar con una mordaza tipo Lottman, diseñado en (CAD) de acuerdo a las características y dimensiones mencionadas en la norma AASHTO T283, ASTM D4867 y ASTM D4123, ver fig. 3.3.

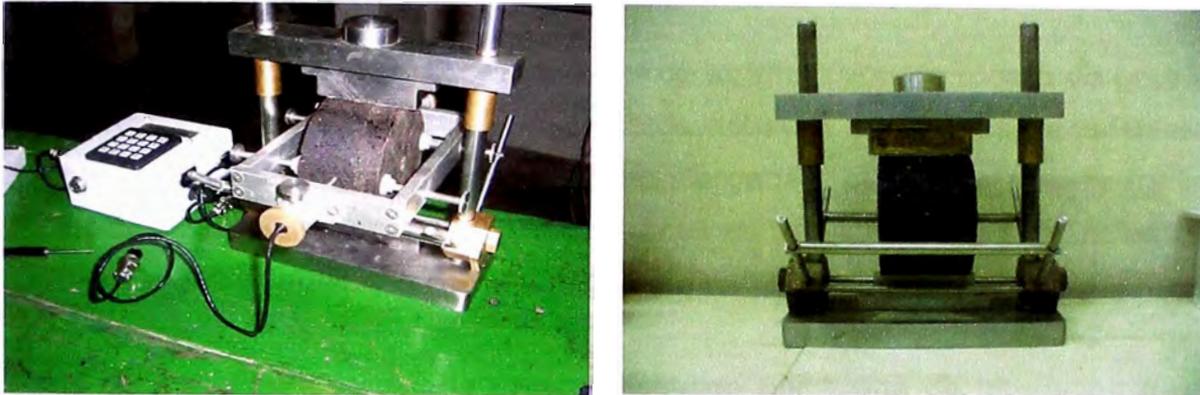


Figura 3.3 Mordaza tipo Lottman diseñada y fabricada como parte de la investigación

Además de automatizar con la inclusión de sensores, se ha desarrollado el software de adquisición de los datos, enviando directamente al computador todo registro de los sensores. El software, desarrollado en entorno Windows con el programa “Delphi”, facilita al usuario el almacenamiento de los resultados así como la visualización de los gráficos en tiempo real.

3.2 Ensayos de Laboratorio.

Los ensayos de laboratorio se orientaron a evaluar la calidad de los agregados, ensayos visuales de adhesividad, ensayos mecánicos (diseño de mezcla mediante la metodología Marshall), ensayos de tracción indirecta en muestras sin acondicionamiento y muestras con diferentes niveles de acondicionamiento, según la norma ASTM, AASHTO y el manual de ensayo de materiales para carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y cuyos resultados, registros y fotografías se encuentran en el Anexo.

3.3 Materiales

3.3.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos empleados para las mezclas bituminosas deben permitir que posean una naturaleza hidrófila, que al aplicarse una capa asfáltica no se desprenda por la acción del agua y del tránsito.

El agregado grueso debe proceder de la trituración de roca o de grava o por combinación de ambas. Sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegradas. Deben de estar libre de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias que puedan impedir la adhesión completa del asfalto.

El agregado fino puede estar constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. Los granos de agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material debe de estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad.

El polvo mineral o filler llenante, que provenga de los procesos de trituración de los agregados pétreos, se debe verificar que no tenga actividad y que no sea plástico. La mezcla de los agregados grueso y fino y el polvo mineral deberán ajustarse a las exigencias de la respectiva especificación, en cuanto a su granulometría.

La tabla 3.1 muestra la identificación y procedencia de las muestras. Los agregados utilizados en el presente trabajo, se han escogido de las canteras:

- Cantera “La Gloria” ubicado en la carretera Central altura km. 14+800 lado derecho Santa Clara propiedad de Firth, de donde se obtiene la piedra chancada, arena chancada y arena con finos.
- Cantera Carapongo, ubicado en la carretera Central altura km. 14+200 lado izquierdo, de donde se obtuvo la arena natural.

- Cantera "Río Huaura" Panamericana Norte, Km. 153 + 500, material obtenido, piedra chancada, arena chancada y arena natural.
- Cantera "las Zorras", ubicado en la Panamericana Norte Km. 271+500, que aporta material fino usado como filler.

Tabla 3.1 muestras de agregados y procedencia

Muestra	Material	Cantera	Muestra	Material	Cantera
m-1	Piedra Chancada 3/4"	La Gloria	M-1	Piedra Chancada 3/4"	Río Huaura
m-1A	Piedra Chancada 3/4"	La Gloria	M-1A	Piedra Chancada 3/4"	Río Huaura
m-2	Arena chancada	La Gloria	M-2	Arena chancada	Río Huaura
m-3	Arena natural	Carapongo	M-3	Arena natural	Río Huaura
m-4	Arena con finos	La Gloria	M-4	Finos	Las Zorras

El objetivo de obtener materiales de diferentes canteras, fue seleccionar agregados de diferente adhesividad, para un estudio comparativo. Las características de estos materiales se indican en resumen y los resultados completos en el Anexo.

3.3.2 Cemento Asfáltico de Petróleo (CAP).

Los cementos asfálticos utilizados corresponden a PEN 60/70 de Repsol YPF proveniente de la refinería la Pampilla, y PEN 120/150 de Petroperu de la refinería Conchan. Las calidades han sido proporcionadas por los laboratorios de cada refinería. El documento se adjunta en el Anexo y un resumen en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Propiedades de los cementos asfálticos

Procedencia	La Pampilla Repsol YPF			Ref. Conchán Petroperu		
Gravedad Específica	1.02			1.009		
Gradación	60/70 PEN			120/150 PEN		
Propiedades	Resultado	Especificación m�n. máx.		Resultado	Especificación m�n. máx.	
Penetración a 25�C, 0.1mm	68	60	70	124	120	150
Punto de inflamación �C	298	232	--	281	218	--
Punto de ablandamiento, min. (�C)				43.6		
Viscosidad Cinemática a 135�C, cSt				260	140	--
Ductilidad, 25�C, 5 cm/min, cm.	125	100	--	>150	100	--
Solubilidad en tricloroetileno	99.96	99	--	99.7	99	--
Prueba de la mancha, 25% Xileno	Negativo	Negativo		Negativo	Negativo	

Susceptibilidad Térmica Ensayo de película fina 3.2mm, 163 C, 5h

- Perdida de masa, %	0.24	--	0.8	0.83	--	1.5
- Penetración retenida, % del original	64.7	52	--	52	42	--
- Ductilidad del residuo, 25�C, 5cm/min	83.7	50	--	131	100	--

3.3.3 Ensayos en agregados.

Estos ensayos se han realizado, para determinar las propiedades físicas químicas y mineralógicas de los agregados provenientes de las canteras, “La Gloria”, “Carapongo”, “Río Huaura” y “Las Zorras”. La relación de los ensayos efectuados así como sus respectivas normas se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Ensayos de calidad de los agregados

Ensayo de Laboratorio	Norma		
	ASTM	AASHTO	MTC
Análisis Granulométrico del Agregado Grueso, Fino y Global.	C-136	T 27	
Contenido de Humedad Total de los Agregados por Secado	C-566		
Humedad Superficial en el Agregado Fino.	D-70		
Porcentaje de Caras de Fractura del Agregado Grueso.	D-5821		E210
Partículas Chatas y Alargadas del Agregado Grueso.			E221
Resistencia a la Abrasión por medio de la Máquina de los Ángeles.	C-131	T 96	
Sales solubles Totales Agregado Fino y Grueso.	D-1889		
Impurezas Orgánicas en Arenas	C-40	T 21	
Peso Unitario de los Agregados (PUS – PUV).	C-29		
Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.	C-127	T 85	
Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.	C-128	T 84	
Límite Líquido y Límite Plástico (Malla N° 40 – 200).	D-4318		
Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino.	D-2419	T 176	
Durabilidad los agregados por medio del Sulfato de Sodio o Magnesio	C-88	T 104	

La adecuada calidad de los agregados, garantiza la durabilidad y el adecuado diseño de las carpetas asfálticas, las tablas 3.4 y 3.5, presentan un resumen de resultados obtenidos, los mismos se incluyen en el Anexo D con mayor detalle.

Tabla 3.4 Propiedades físicas del agregado grueso.

Ensayo de Laboratorio	Cantera La Gloria		Cantera Río Huaura	
	m-1	m-1A	M-1	M-1A
Partículas Chatas %(*)	12		19	
Partículas Alargadas %(*)	14		21	
Resistencia a la Abrasión por medio de la Máquina de los Ángeles. %	13.2	12.3	14.3	13.6
Sales solubles Totales %	0.081	0.074	0.046	0.037
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1.484	1.465	1.419	1.419
Peso Unitario Varillado (Kg/m ³)	1.649	1.604	1.621	1.621
Peso Específico Bulk (Base Seca)	2.751	2.736	2.660	2.654
Peso Específico Bulk (Base Saturada)	2.773	2.764	2.682	2.673
Peso Específico Aparente (Base Seca)	2.812	2.808	2.72	2.704
Absorción	0.79	0.83	0.83	0.88
Durabilidad por medio del Sulfato de Sodio %(*)	1.051		0.456	

(*) los ensayos se han realizado en la combinación de ambas muestras

Tabla 3.5 Propiedades físicas del agregado fino.

Ensayo de Laboratorio	La Gloria	Carapongo	Cantera Río Huaura	
	m-2	m-3	M-2	M-3
Impurezas Orgánicas (Placa N°)	1	1	1	1
Peso Específico Bulk (Base Seca)	2.741	2.689	2.669	2.462
Peso Específico Bulk (Base Saturada)	2.773	2.715	2.698	2.481
Peso Específico Aparente (Base Seca)	2.830	2.728	2.748	2.506
Absorción	1.15	0.93	1.08	0.95
Índice de Plasticidad (Malla N° 40).	NP	NP	NP	NP
Índice de plasticidad (Malla N° 200).	NP	NP	NP	1.6
Equivalente de Arena	80.1	88.1	78.6	
Durabilidad por medio del Sulfato de Sodio %(*)	4.11		4.65	

(*) los ensayos se han realizado en la combinación de ambas muestras

La mineralogía de los agregados así como su procedencia juega un rol importante en la adhesividad con el asfalto, los agregados según su composición mineralógica y química se clasifican como ácidos, básicos o una combinación de ambas, y se comportan como hidrofílicos o hidrofóbicos. Para determinar los minerales y su clasificación se realizó un análisis petrográfico en muestras de mano al agregado grueso de ambas canteras, los resultados se muestran en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Composición mineralogía y clasificación macroscópica por petrografía

Cantera	Muestra	Minerales esenciales	Minerales accesorio	%	Clasificación macroscópica
La Gloria	agregado grueso	Cuarzo		5.0	Cuarcita
		Plagioclasa		95.0	Andesita
Río Huaura	agregado grueso	Cuarzo		34.0	Cuarcita
		Cuarzo	Hematita	17.0	Cuarcita
		Plagioclasa		49.0	Andesita



(a) Clasificación del agregado grueso cantera río huaura

(b) Clasificación del agregado grueso cantera la gloria

Figura 3.4 Composición mineralógica del agregado grueso

Para determinar el porcentaje de agregados a emplear en la mezcla, se realizó la granulometría de cada uno de los componentes y mediante un cálculo analítico se realiza la mezcla de los materiales considerando una gradación cerrada Tipo IV-b especificado por el Instituto del Asfalto, en proporción tal que la mezcla resultante, quede dentro del huso granulométrico, véase tablas 3.7 y 3.8, figuras 3.5 y 3.6.

Tabla 3.7 Composición granulométrica materiales de la cantera La Gloria y Carapongo

DATOS DE LA MUESTRA		
MATERIAL	PARTICIPACION	CANTERA
m-1.- PIEDRA CHANCADA 3/4"	17.0%	LA GLORIA
m-1a.- PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	24.0%	LA GLORIA
m-2 ARENA CHANCADA	32.0%	LA GLORIA
m-3.- ARENA NATURAL LAVADA	12.0%	CARAPONGO
m-4.- FINOS	15.0%	LA GLORIA

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Acumulado						ESPECIFICACION	
		M-1	M1A	M-2	M-3	M-4	COMB	IV-b	
3/4"	19.050	100.0					100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	19.7	100.0				88.0	80.0	100.0
3/8"	9.525	4.2	65.1	100.0	100.0		77.3	70.0	90.0
Nº4	4.760		6.4	98.5	88.3	100.0	60.3	50.0	70.0
Nº8	2.360			67.5	76.5	90.8	46.0	35.0	50.0
Nº30	0.590			27.4	54.3	66.1	26.6	18.0	29.0
Nº50	0.300			14.1	46.2	54.0	19.4	13.0	23.0
Nº100	0.149			6.7	10.3	43.3	10.1	8.0	16.0
Nº200	0.074			2.6	5.3	30.9	6.2	4.0	10.0
< Nº200									

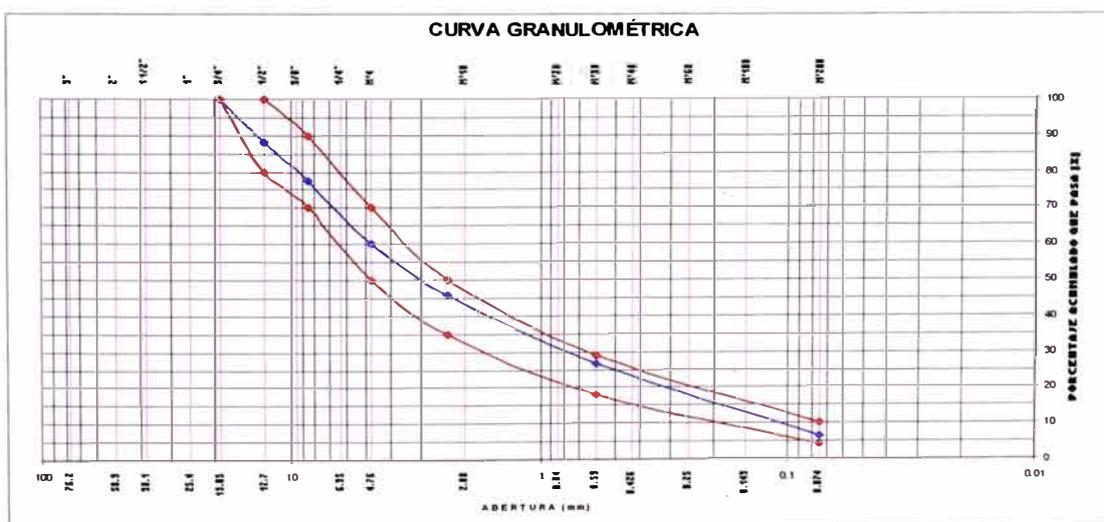


Figura 3.5 Distribución granulométrica de mezcla de materiales: cantera La Gloria y Carapongo

Tabla 3.8 Composición granulométrica materiales de la cantera Río Huaura y Las Zorras

DATOS DE LA MUESTRA		
MATERIAL	PARTICIPACION	CANTERA
M-1.- PIEDRA CHANCADA 3/4"	24.0%	RIO HUAURA
M-1A.- PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	24.0%	RIO HUAURA
M-2 ARENA CHANCADA	31.0%	RIO HUAURA
M-3.- ARENA NATURAL LAVADA	17.0%	RIO HUAURA
M-4.- FINOS LAS ZORRAS	4.0%	LAS ZORRAS

Tamiz	Abertura (mm)	(% Acumulado)						ESPECIFICACION	
		M-1	M1A	M-2	M-3	M-4	COMB	IV-b	
3/4"	19.050	100.0					100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	74.9	100.0				94.0	80.0	100.0
3/8"	9.525	42.3	68.9	100.0	100.0		78.7	70.0	90.0
Nº4	4.760	4.2	6.4	96.2	89.1		51.5	50.0	70.0
Nº8	2.360			67.4	79.6	100.0	38.4	35.0	50.0
Nº30	0.590			32.5	61.8	99.4	24.6	18.0	29.0
Nº50	0.300			28.6	52.5	93.7	21.5	13.0	23.0
Nº100	0.149			13.4	10.7	75.8	9.0	8.0	16.0
Nº200	0.074			9.1	4.8	60.6	6.1	4.0	10.0
< Nº200									

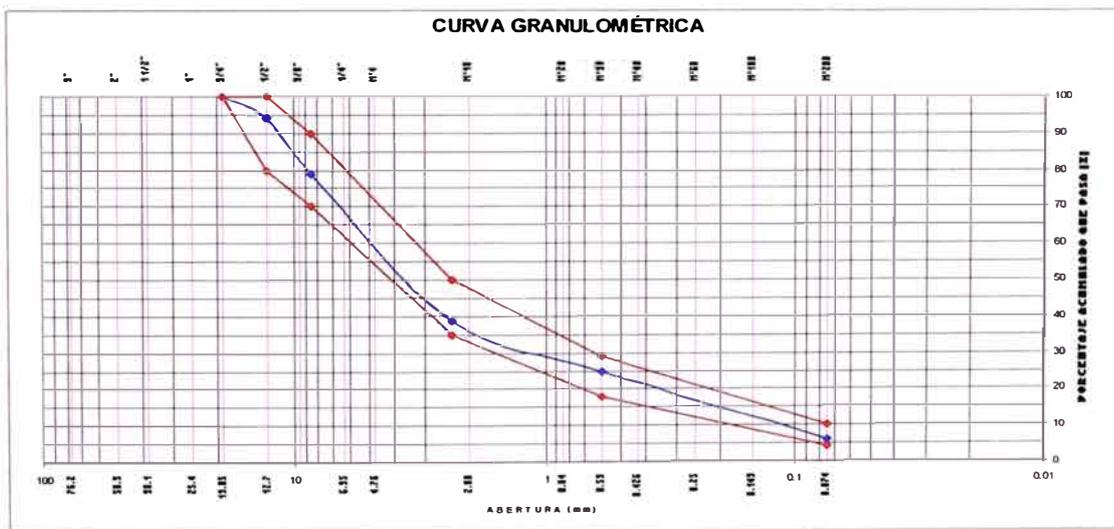


Figura 3.6 Distribución granulométrica de mezcla de materiales: cantera Río Huaura y Las Zorras

La mezcla de agregados busca una granulometría uniforme que según el diseño Marshall, cumpla con las Especificaciones. La inclusión de la arena natural evita que la arena chancada tienda a rigidizar la mezcla obteniéndose valores de estabilidad muy elevados que aparentemente es ventajoso en el diseño, sin embargo la relación estabilidad/flujo fallará.

3.3.4 Ensayo Visual de Adhesividad.

Los ensayos visuales, en mezclas sueltas, se realizan para determinar la compatibilidad de los agregados con el asfalto. El procedimiento para los agregados gruesos, corresponde a la metodología establecida por la ASTM D2489 y/o MTC E519-2000 “Adherencia del Bitumen-Agregado” en mezcla bituminosa, para el caso de los agregados finos se determina mediante el ensayo Riedel Weber MTC 220-2000. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Resultados de los ensayos visuales de adhesividad

ENSAYO	Cantera La Gloria		Cantera Río Huaura	
	PEN 60-70	PEN 120-150	PEN 60-70	PEN120-150
Adherencia	+95	+95	+95	+95
Riedel Weber				
Desprendimiento parcial	4	5	1	1
Desprendimiento total	10	10	8	9

El resultado clasifica los agregados como inadecuadas o excelentes desde el punto de vista de la adhesividad y se comparan con los resultados obtenidos de los ensayos de tracción. De los valores mostrados en la tabla 3.8, se puede observar que los agregados de la cantera Huaura, presentan una deficiente adhesividad con el asfalto de acuerdo al resultado del Riedel Weber, mientras el ensayo de Adherencia muestra una buena adherencia para ambos materiales.

3.4 Ensayo de adhesividad

Se elaboró un programa experimental para la ejecución de los ensayos mecánicos, inicialmente por la metodología Marshall, que permite determinar el óptimo de asfalto, el flujo y la estabilidad de las briquetas; luego por ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral. Se elaboró muestras densas, con porcentaje de vacíos entre 3% a 5% y muestras con porcentaje de vacíos entre 6% a 8% según la metodología de Lottman modificado. Se moldearon mas de 200 briquetas, según la combinación de agregados, tipo de ensayo mecánico,

porcentaje de vacíos, tipo de cemento asfáltico, variación del porcentaje de asfalto, entre otros, (ver fig. 3.7). El total de briquetas fueron divididas en grupos, para su acondicionamiento y posterior rotura en la prensa Marshall. En esta fase del estudio se utilizó aproximadamente unos 360 kg. de agregados y 15 litros de asfalto.



Figura 3.7 Briquetas elaboradas

3.4.1 Diseño Marshall.

Este ensayo esta basado en las Normas: ASTM D-1559 y AASHTO T-245 y que describen el procedimiento a seguir para la determinación de la resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas. Puede emplearse tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas.

El procedimiento consiste en la fabricación de probetas cilíndricas de 101.6 mm. (4") de diámetro y 63.5 mm. (2 1/2") de altura, que se rompe en la prensa Marshall para hallar su estabilidad y deformación. Para determinar el contenido óptimo de asfalto para una gradación de agregados dada o preparada, se deberá elaborar una serie de probetas con distintos porcentajes de asfalto, de tal manera se grafique y halle el valor "óptimo".

El diseño, para la combinación de los agregados de cantera, permitió obtener el diseño de las briquetas para el ensayo de adhesividad. Los resultados del ensayo se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3.10. Resultados del diseño Marshall

Ensayo	Cantera Río Huaura		Cantera la Gloria		Especificación	
	PEN	PEN	PEN	PEN	Mín.	Máx.
	60-70	120-150	60-70	120-150		
Nº Golpes/ lado	75	75	75	75		
Porcentaje óptimo de asfalto	5.8 ± 0.3	5.1 ± 0.3	5.8 ± 0.3	5.2 ± 0.3		
Peso específico bulk, gr/cm ³	2.412	2.411	2.431	2.430		
Estabilidad, kgf.	898.5	819.8	904.8	843.0	800	
Flujo (0.01")	13.0	13.7	12.2	13.3	8.0	16.0
Flujo (mm.)	3.3	3.5	3.1	3.4	2.0	4.1
Porcentaje de vacíos, %	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	5.0
VMA, %	16.3	15.5	15.6	15.2	14	
Vacíos llenos con asfalto %	76.0	74.5	75.2	77.2	70	80
Relación Arena/Asfalto	7.4	7.8	7.5	7.8	5.0	8.0
Estabilidad/Fluencia, kg/cm	2722.7	2342.3	2918.7	2479.4	1700	3000

Con el óptimo contenido de asfalto (OCA) y combinación de agregados adecuada según el diseño Marshall, se elaboran briquetas para evaluar la pérdida de adhesividad por medio del equipo de tracción indirecta.

3.4.2 Preparación de muestra.

Las briquetas Marshall, para la determinación de la adhesividad por tracción indirecta, se han realizado siguiendo la metodología ASSHTO T283-03, Lottman Modificado, cuyo porcentaje de vacío debe ser de 7% ± 1%. Este rango de vacíos se considera para acelerar la saturación de las muestras, al someterlos en acondicionamiento y simulando condiciones de campo. En obra las carpetas asfálticas se compactan entre 97% a 98% de la densidad obtenida en laboratorio, generando vacíos mayores al obtenido en laboratorio.

- Los agregados son separados con aproximadamente 1200gr. de agregados calentados al horno para luego mezclarse con el asfalto previamente calentado en el horno. La temperatura de mezcla se establece de acuerdo a la carta de viscosidad del asfalto (ver Anexo). Una vez homogenizada la mezcla, se extiende en el recipiente donde se realizó la mezcla con (aprox. 1 pulg. de espesor), y se deja enfriar durante 2 ± 0.5 horas a temperatura de ambiente, luego la mezcla es colocada al horno a 60 ± 3° C, durante 16 ± 1 horas; a este proceso se le conoce como el curado. Después del proceso de curado la mezcla se

coloca en el horno a temperatura de compactación durante 2 ± 0.5 horas.
La fig. 3.8, muestra lo explicado.



(a) Adición del asfalto previamente calentada en horno, a los agregados.



(b) Mezclado de componentes.



(c) Temperatura de mezcla determinado de acuerdo a la carta de viscosidad.



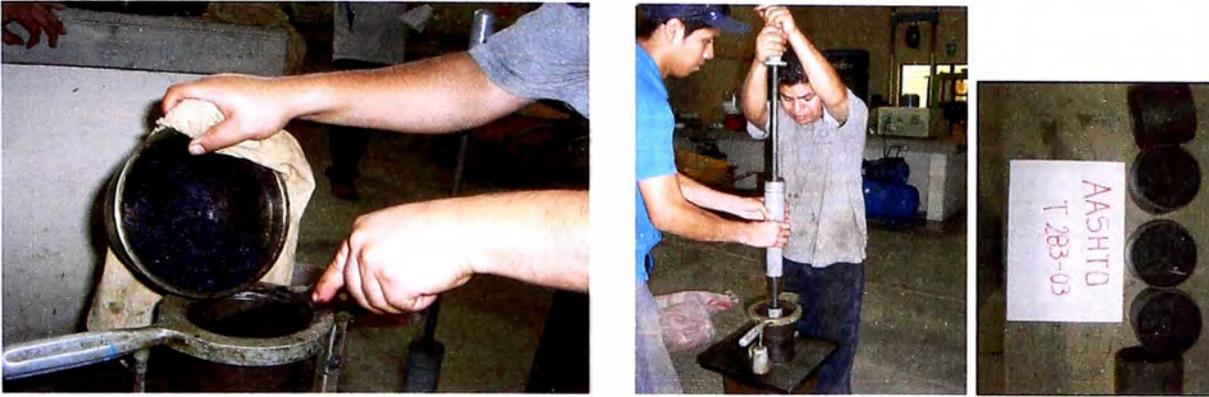
(d) Proceso de curado a temperatura de ambiente durante 2 horas.



(e) Proceso de curado en horno a 60°C durante 16 horas.



(f) Calentado en horno de la mezcla a temperatura de compactación por espacio de 2 horas



(g) Colocación de la muestra en el molde Compactador

(h) Compactación de acuerdo a la energía calculada

Figura 3.8 Proceso de elaboración de las muestras

- Las muestras son compactadas en los moldes de 4" de diámetro con el martillo del Marshall hasta obtener los vacíos entre $7\% \pm 1\%$. Este nivel de vacíos se obtiene ajustando el número de golpes. El procedimiento determina experimentalmente la energía de compactación o el número de golpes por lado de briquetas necesarios para obtener el porcentaje de vacíos requerido. Para ello son preparados briquetas con 5 golpes/lado y otro grupo de briquetas con 50 golpes/lado, luego se determinó los porcentajes de vacío y se traza un grafico como se muestra en la fig. 3.7, de esta manera se determinó la energía de compactación por medio del número de golpes necesarios para obtener los vacíos entre 6% y 8%. El número de golpes/lado para las briquetas elaboradas en este trabajo se muestra en la tabla 3.11.

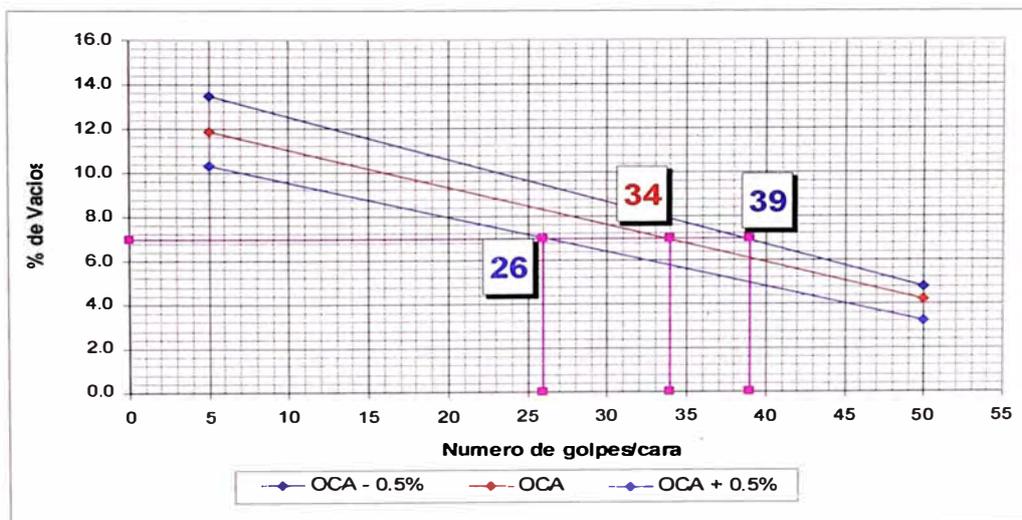


Figura 3.9 Rango de energía de compactación que genera $7\% \pm 1\%$ de vacíos

Tabla 3.11 Energía de compactación y porcentaje de vacíos

Codificación	Cantera	Asfalto	Nº golp/lado	% Vacíos
LG1-I	La Gloria	60-70	39	6 - 8
LG1-O			34	6 - 8
LG1-S			26	6 - 8
LG1-C			75	3 - 5
LG2-I		120-150	36	6 - 8
LG2-O			29	6 - 8
LG2-S			24	6 - 8
LG2-C			75	3 - 5
RH1-I	Rio Huaura	60-70	37	6 - 8
RH1-O			28	6 - 8
RH1-S			22	6 - 8
RH1-C			75	3 - 5
RH2-I		120-150	35	6 - 8
RH2-O			27	6 - 8
RH2-S			22	6 - 8
RH2-C			75	3 - 5

3.4.3.- Acondicionamiento de las Muestras.

El acondicionamiento de las muestras simula características medioambientales al que están expuestos los pavimentos asfálticos. Este proceso acelera el envejecimiento a causa de la humedad, las briquetas se someten a una saturación acelerada y a ciclos de congelamiento e inmersión, mediante tres tipos de acondicionamiento (leve, moderado y severo).

El acondicionamiento severo se contempla en la norma AASHTO T 283-03. Las muestras fueron colocadas en el equipo Rice con agua hasta cubrirlos por completo y sometidos a un vacío de 254 a 660.4 mmHg por un corto periodo de tiempo. El tiempo y la presión son regulados de manera que el grado de saturación de cada muestra quede entre 70% a 80% para las muestras con vacíos entre 7% \pm 1%. Para las muestras con porcentaje de vacíos entre 3% a 5%, la tasa de saturación admitida es de 55% a 80%, (no siempre es posible alcanzar una saturación por encima del 70%). Se aplicó un vacío de 25 pulg Hg (635 mmHg) durante 5 a 10 minutos para las mezclas abiertas (7% \pm 1% de vacíos). Y de 10 a 15 minutos, para las mezclas densas (3% a 5% de vacíos). La fig. 3.10 muestra el equipo empleado.



(a) Muestras para saturación al Vacío (b) Equipo de saturación al vacío

Figura 3.10 Saturación al vacío

A cada muestra se cubre totalmente con láminas plásticas de embalaje y se colocan en bolsas plásticas con 10 ml de agua. Las muestras son colocadas en el congelador a temperaturas de -18 ± 3 °C por un periodo mínimo de 16 horas. Al término de este periodo se transfieren las muestras del congelador para un baño de agua a 60 °C, donde permanecen por período 24 horas (fig. 3.11). Luego de la inmersión en baño a 60°C, son retiradas las bolsas plásticas que envolvían las muestras.



(a) Cubrir la muestra con un filme



(b) Embolsar con 10ml. de agua



(c) Ciclo de congelamiento $-18^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$ durante 16 horas



(d) Inmersión a 60°C por 24 horas

Figura 3.11 Proceso de congelamiento e inmersión a 60°C

La última etapa de acondicionamiento fue común para los tres tipos (severo, moderado y leve) y consiste en transferir las muestras para otro baño a 25°C por 2 horas a fin de estabilizar la temperatura antes de la realización de los ensayos de resistencia a la tracción.

El acondicionamiento moderado según la norma ASTM D4867, se realiza todas las etapas del acondicionamiento severo excluyéndose la fase de congelamiento; es decir saturación forzada al vacío, seguido del baño a 60°C por 24 horas y del baño por 2 horas a 25°C ; y el acondicionamiento leve no considera saturación forzada ni congelamiento.

Los tres diferentes tipos de acondicionamiento de las muestras, antes de los ensayos de tracción, tienen como objetivo el verificar la influencia del daño por humedad inducida en la resistencia a la tracción. El ciclo de congelamiento y la saturación forzada son fenómenos que dependen de la ubicación geográfica. La costa tendrá el efecto de la humedad moderada, la sierra y altitudes mayores se presenta el congelamiento y la saturación acelerada por las lluvias, y por último la zona de selva, donde las lluvias son intensas que condicionan la saturación. Los procedimientos de congelamiento (AASHTO T283) fase de acondicionamiento, fueron desarrollados por investigadores norte-americanos. El objetivo era el de acelerar el proceso de pérdida de adhesividad, generando tensiones internas en las muestras a fin de simular las sollicitaciones de carga por el tráfico y la acción del agua que genera la pérdida de adhesividad. La

mezcla agregado-ligante con buena adhesividad responderá bien a esa sollicitación, manteniendo la muestra íntegra, aun considerando diferentes variables como, tipo de ligante, procedencia de los agregados, porcentaje de asfalto y los porcentajes de vacíos en la mezcla compactada. En cada mezcla se evalúa la influencia de los variables mencionadas en la pérdida de la adhesividad. Como resultado de la investigación se extrae conclusiones que señalen la posibilidad de futuras modificaciones en los ensayos mecánicos de evaluación de la adhesividad. La construcción y monitoreo de tramos de prueba, permite mayor objetividad en el estudio del fenómeno de la adhesividad en mezclas asfálticas en el Perú, llegando a factores de campo y laboratorio que correlacionen y estimen el desempeño del revestimiento de mezclas asfáltica en lo que concierne a la adhesividad.

3.5 Ensayo de tracción por compresión diametral

El ensayo, normalizado por las normas AASHTO y ASTM, se realiza en la prensa Marshall convencional. Las muestras dentro de la mordaza se apoyan en dos tiras metálicas generatrices opuestas según se muestra en la fig. 3.12.

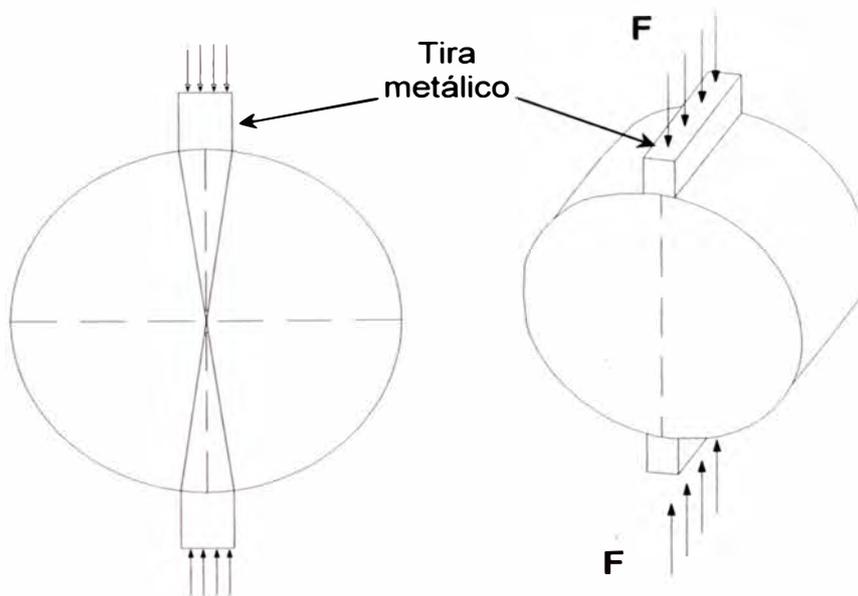


Figura 3.12. Esquema del ensayo de tracción indirecta

El ensayo se realiza a una temperatura de 25°C con velocidad de aplicación de carga igual a 50.8 mm/s, con el valor de la carga de ruptura ya

corregida por la constante de la prensa. La resistencia a la tracción por compresión diametral se calcula según la formula:

$$RT = \frac{2F}{\pi DH}$$

Donde:

RT: Resistencia a tracción estática, (MPa)

F: Carga de ruptura, (N)

D: Diámetro de la muestra, (mm)

H: Espesor de la muestra, (mm).

El ensayo se realiza a 25°C de temperatura mantenidas durante 2 horas en baño a 25°C para muestras con y sin acondicionamiento. Determinado los resultados de la resistencia a la tracción, sin acondicionamiento y acondicionado, se determina la razón de resistencia a la tracción según la formula:

$$RRT = \frac{RT_a}{RT_{sa}} * 100$$

Donde:

RRT: Razón de resistencia a la tracción, (%)

RT_{sa}: Resistencia a la tracción en muestras sin acondicionamiento (MPa)

RT_a: Resistencia a la tracción en muestras acondicionadas, (MPa)

Según la norma AASHTO T283, la RRT debe de ser mayor o igual al 80%; según la norma ASTM D4867, la RRT mayor o igual al 80%, y en el caso de la propuesta del EG 2006 del MTC, la RRT mayor o igual al 75%, este ultimo es una propuesta planteada que modifica las especificaciones generales EG-2000, y adopta el ensayo Lottman para predecir la pérdida de adhesividad dentro del EG 2006, el mismo que hasta la fecha aun el Ministerio de Transportes y Comunicaciones no ha oficializado como las nuevas especificaciones.

3.6 Planteamiento experimental de ensayos mecánicos.

Al inicio se planteó el ensayo de las muestras de acuerdo a la metodología descrito por la AASHTO T283, en muestras sin acondicionamiento y con acondicionamiento severo. Conforme se desarrolló la parte experimental, se optó por verificar la influencia de la variación del tipo de acondicionamiento del cual depende la resistencia a la tracción de las mezclas asfálticas. En esta etapa se incluye también el estudio de los factores siguientes:

- Evaluación de los agregados de diferentes procedencias y diferentes características mineralógicas, que pueden definir la afinidad con el asfalto.
- Efecto del tipo y porcentaje del asfalto en la mezcla.
- Influencia de los porcentajes de vacío de las muestras compactadas.
- Efecto de los niveles de acondicionamiento planteados

La tabla 3.12 muestra el resumen del planteamiento experimental para los ensayos mecánicos de resistencia a la tracción. Para cada condición mostrada se elaboraron tres muestras.

Tabla 3.12 Planteamiento experimental de los ensayos mecánicos

Cantera	Cemento Asfáltico	% de Asfalto	Acondicionamiento				% Vacíos	Cantidad de briquetas
			SA	AL	AM	AS		
La Gloria	60-70	OCA - 0.5%	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA + 0.5%	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA	X	X	X	X	3 - 5	12
	120-150	OCA - 0.5%	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA + 0.5%	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA	X	X	X	X	3 - 5	12
Rio Huaura	60-70	OCA - 0.5%	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA + 0.5%	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA	X	X	X	X	3 - 5	12
	120-150	OCA - 0.5%	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA + 0.5%	X	X	X	X	6 - 8	12
		OCA	X	X	X	X	3 - 5	12
SA	Sin acondicionamiento						TOTAL	192
AL	acondicionamiento leve							
AM	acondicionamiento medio							
AS	acondicionamiento severo							

La tabla 3.13 ilustra, las fases del acondicionamiento leve, moderado y severo; realizado en la investigación con la finalidad de determinar el efecto del daño inducido por la humedad y los ciclos de congelamiento y saturación.

Tabla 3.13 Procedimiento de cada nivel de acondicionamiento

Procedimiento	Sin Acond.	Acondicionamiento		
		Leve	Moderado	Severo
Saturación Forzada al vacío			X	X
Congelamiento a $-18^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$, por 16 horas				X
Baño a 60°C por 24 horas		X	X	X
Baño a 25°C por 2 horas antes del ensayo de RT	X	X	X	X

La tabla 3.14 presenta el resumen de identificación de las muestras mediante codificación que permite separarlos por grupos, de acuerdo a la procedencia de los agregados (cantera), el tipo de asfalto, porcentaje de vacíos y los porcentajes de asfalto en la mezcla.

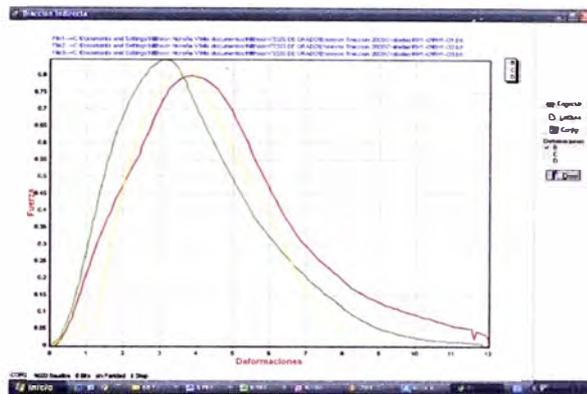
Tabla 3.14 Codificación de las muestras

Codificación	Cantera	Asfalto	% de asfalto en la mezcla		% Vacíos
LG1-I	La Gloria	60-70	OCA - 0.5%	5.3	6 - 8
LG1-O			OCA	5.8	6 - 8
LG1-S			OCA + 0.5%	6.3	6 - 8
LG1-C			OCA	5.8	3 - 5
LG2-I		120-150	OCA - 0.5%	4.6	6 - 8
LG2-O			OCA	5.1	6 - 8
LG2-S			OCA + 0.5%	5.6	6 - 8
LG2-C			OCA	5.1	3 - 5
RH1-I	Río Huaura	60-70	OCA - 0.5%	5.3	6 - 8
RH1-O			OCA	5.8	6 - 8
RH1-S			OCA + 0.5%	6.3	6 - 8
RH1-C			OCA	5.8	3 - 5
RH2-I		120-150	OCA - 0.5%	4.7	6 - 8
RH2-O			OCA	5.2	6 - 8
RH2-S			OCA + 0.5%	5.7	6 - 8
RH2-C			OCA	5.2	3 - 5

3.7.- Resultados del ensayo de tracción indirecta

Las muestras con variables de procedencia del agregado, tipo de asfalto, porcentaje de asfalto, porcentaje de vacíos, hicieron un total de 16 grupos de muestras, de 12 muestras por grupo y estas a su vez divididas en 4 subgrupos

de 3 muestras para su respectivo acondicionamiento, para luego ensayarse en la prensa Marshall con la mordaza Lottman. De estas muestras se determina la resistencia a la tracción RT de cada una (ver figura 3.13), luego por división de los resultados de tracción de las muestras sin acondicionamiento con las muestras a diferentes grados de acondicionamiento se determina la razón de resistencia a la tracción RRT, este último indica la pérdida de adhesividad en las muestras por acción de la humedad inducida.



(a) Ensayo de tracción indirecta en la prensa Marshall automatizada

(b) Gráfico obtenido del ensayo con el software de adquisición de datos

Figura 3.13 Ensayo de tracción indirecta con la prensa Marshall automatizada

La resistencia a la tracción RT se determina según la fórmula del ítem 3.5, para ello es necesario determinar todas las características de las muestras tales como: diámetro, espesor, y la carga máxima de rotura obtenida con la prensa. El valor de la resistencia a la tracción RT se obtiene en MPa (mega Pascal).

La tabla 3.15 muestra los resultados de resistencia a la tracción por compresión diametral para las mezclas con vacíos entre 3% a 5%, y los valores referentes a las muestras con vacíos entre 6% a 8% se presentan en la tabla 3.16, se han elaborado 12 muestras por cada grupo o identificación y estas 12 muestras separadas en sub-grupos de 3 muestras para su acondicionamiento según se muestra en la tabla 3.13. Los resultados mas detallados de los ensayos de resistencia a tracción pueden ser verificados en el Anexo D.

Tabla 3.15 Resistencia a la tracción RT (MPa.) de mezclas con vacíos de 3% a 5%

Estado	LG1-C	RT	LG2-C	RT	RH1-C	RT	RH2-C	RT
SA	1	0.963	1	0.918	1	1.122	1	1.094
	2	0.918	2	0.873	2	1.167	2	1.109
	3	1.026	3	0.927	3	1.209	3	1.143
AL	4	1.050	4	0.927	4	1.134	4	1.154
	5	0.988	5	0.954	5	1.150	5	1.103
	6	0.903	6	0.891	6	1.187	6	1.108
AM	7	0.863	7	0.837	7	0.964	7	0.893
	8	0.780	8	0.774	8	0.881	8	0.860
	9	0.870	9	0.873	9	0.906	9	0.932
AS	10	0.631	10	0.675	10	0.682	10	0.717
	11	0.674	11	0.639	11	0.740	11	0.664
	12	0.706	12	0.738	12	0.723	12	0.782

Tabla 3.16 Resistencia a la tracción RT (MPa.) de muestras con vacíos de 6% a 8%

Estado	LG1-I	RT	LG1-O	RT	LG1-S	RT	LG2-I	RT	LG2-O	RT	LG2-S	RT
SA	1	0.633	1	0.570	1	0.533	1	0.473	1	0.407	1	0.390
	2	0.608	2	0.589	2	0.548	2	0.462	2	0.447	2	0.376
	3	0.639	3	0.612	3	0.515	3	0.451	3	0.419	3	0.451
AL	4	0.599	4	0.587	4	0.522	4	0.412	4	0.444	4	0.388
	5	0.620	5	0.583	5	0.532	5	0.446	5	0.425	5	0.401
	6	0.595	6	0.565	6	0.556	6	0.526	6	0.434	6	0.429
AM	7	0.518	7	0.462	7	0.415	7	0.401	7	0.382	7	0.352
	8	0.491	8	0.514	8	0.430	8	0.351	8	0.394	8	0.313
	9	0.519	9	0.480	9	0.433	9	0.376	9	0.345	9	0.312
AS	10	0.352	10	0.304	10	0.306	10	0.317	10	0.322	10	0.317
	11	0.334	11	0.296	11	0.328	11	0.293	11	0.339	11	0.274
	12	0.385	12	0.348	12	0.295	12	0.291	12	0.304	12	0.270

Estado	RH1-I	RT	RH1-O	RT	RH1-S	RT	RH2-I	RT	RH2-O	RT	RH2-S	RT
SA	1	0.779	1	0.743	1	0.713	1	0.571	1	0.556	1	0.488
	2	0.765	2	0.743	2	0.728	2	0.586	2	0.562	2	0.529
	3	0.751	3	0.765	3	0.743	3	0.557	3	0.527	3	0.502
AL	4	0.567	4	0.551	4	0.581	4	0.470	4	0.526	4	0.471
	5	0.530	5	0.544	5	0.565	5	0.511	5	0.510	5	0.502
	6	0.541	6	0.585	6	0.556	6	0.526	6	0.543	6	0.503
AM	7	0.438	7	0.441	7	0.479	7	0.370	7	0.336	7	0.382
	8	0.455	8	0.456	8	0.477	8	0.438	8	0.394	8	0.347
	9	0.433	9	0.411	9	0.436	9	0.337	9	0.314	9	0.401
AS	10	0.387	10	0.395	10	0.393	10	0.348	10	0.339	10	0.301
	11	0.399	11	0.374	11	0.357	11	0.339	11	0.330	11	0.310
	12	0.363	12	0.387	12	0.358	12	0.326	12	0.318	12	0.308

La fig. 3.14 presenta el resumen de los valores de la resistencia a la tracción en muestras con diferentes vacíos.

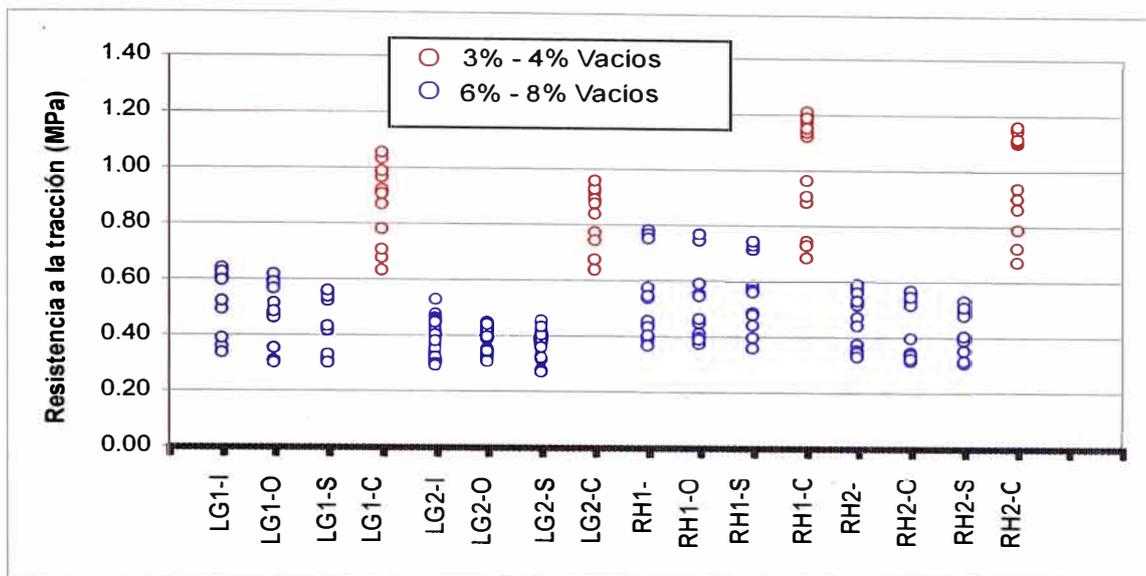


Figura 3.14 Resistencia a la tracción de las muestras.

Como se observa, las muestras de porcentaje de vacíos entre 3% a 5%, presentan mayor resistencia a la tracción que las de vacíos entre 6% a 8%.

Con los valores de la resistencia a la tracción, se ha determinado el promedio de cada subgrupo de 3 muestras, los mismos que sirven para hallar la razón de la resistencia a la tracción RRT. Las tablas 3.17, a 3.19, muestran los valores promedio y se pueden visualizar los mismos en las figuras 3.15, a 3.17.

Tabla 3.17 Resistencia promedio a la tracción para vacíos de 3% a 5% (La gloria y Río Huaura)

Estado	Muestra N°	LG1-C RT prom.	LG2-C RT prom.	RH1-C RT prom.	RH2-C RT prom.
SA	1	0.969	0.906	1.166	1.115
	2				
	3				
AL	4	0.980	0.924	1.157	1.122
	5				
	6				
AM	7	0.838	0.828	0.917	0.895
	8				
	9				
AS	10	0.670	0.684	0.715	0.721
	11				
	12				

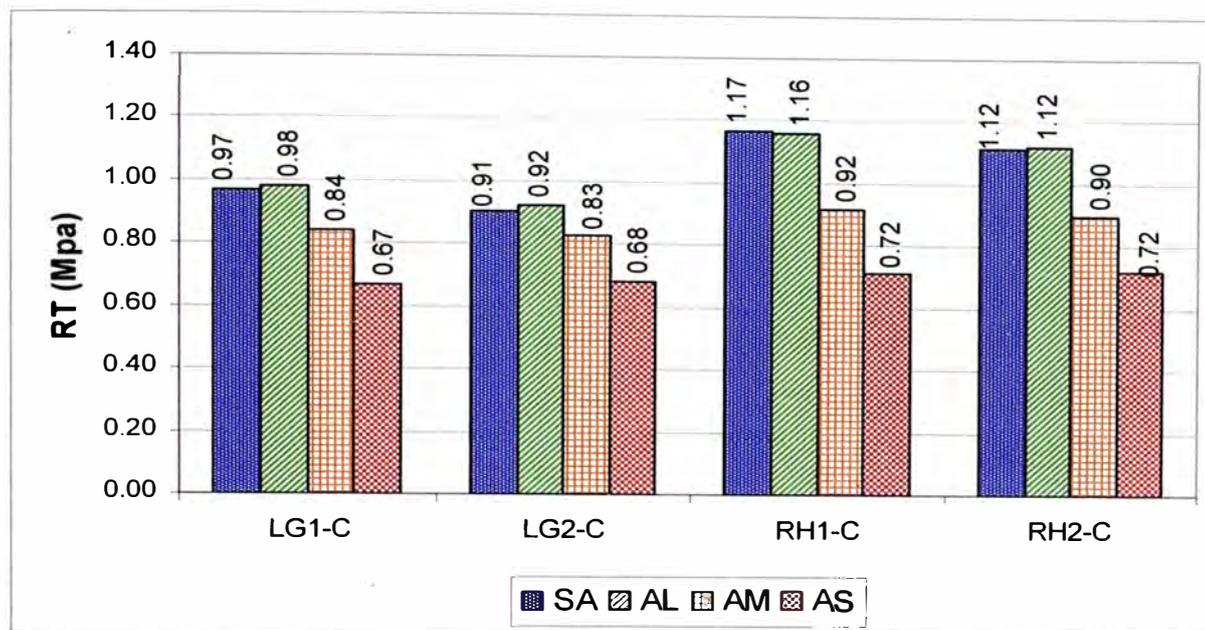


Figura 3.15 Valores de Resistencia a la tracción en muestras con vacíos 3% a 5% (Canteras: La Gloria y Río Huaura)

En la figura 3.15 se aprecia que el acondicionamiento leve no genera disminución alguna en la resistencia a la tracción. El acondicionamiento medio y severo disminuye su resistencia. Se puede observar que las muestras correspondientes a RH1-C y RH2C, presentan mayor pérdida de resistencia en esas condiciones.

Tabla 3.18 Resistencia promedio a la tracción para vacíos de 6% a 8% (La gloria)

Estado	Muestra Nº	LG1-I RT prom.	LG1-O RT prom.	LG1-S RT prom.	LG2-I RT prom.	LG2-O RT prom.	LG2-S RT prom.
SA	1	0.627	0.590	0.532	0.462	0.424	0.406
	2						
	3						
AL	4	0.605	0.578	0.537	0.461	0.434	0.406
	5						
	6						
AM	7	0.509	0.485	0.426	0.376	0.374	0.326
	8						
	9						
AS	10	0.357	0.316	0.310	0.300	0.322	0.287
	11						
	12						

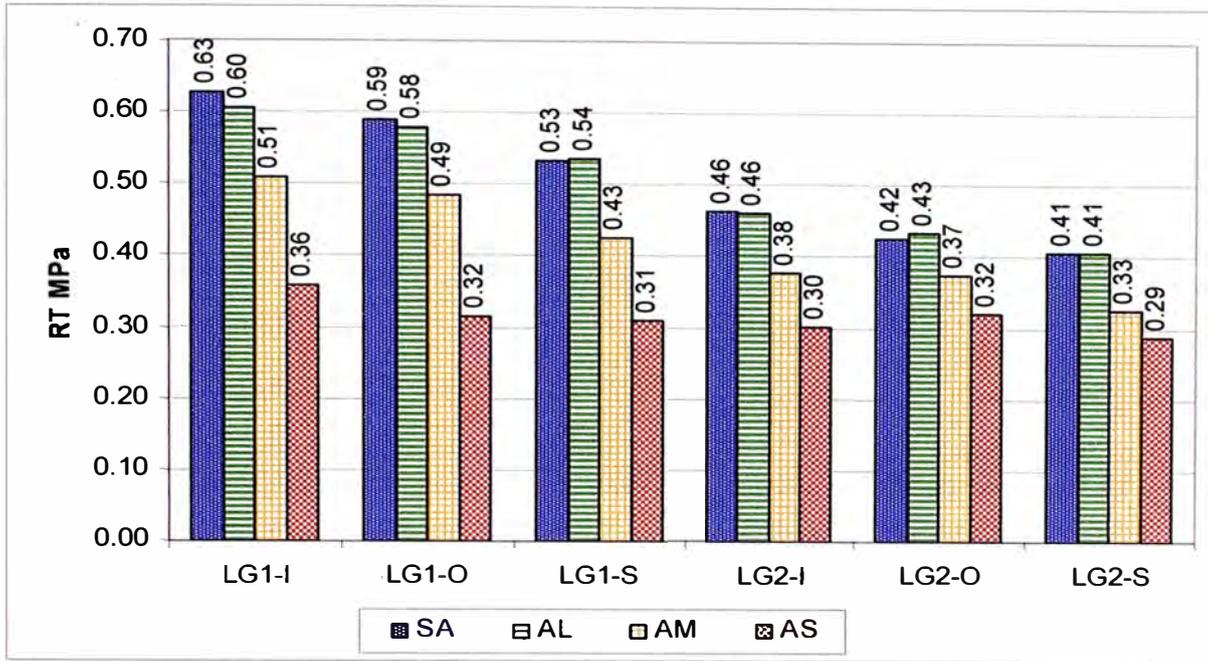


Figura 3.16 Valores de Resistencia a la tracción en muestras con vacíos 6% a 8% (Cantera: La Gloria)

La figura 3.16, corresponde a la resistencia a tracción de las muestras preparadas con los agregados de la cantera La Gloria. Se observa que para el grupo de muestras LG1-I, LG1-O y LG1-S, los que han sido elaborados con cemento asfáltico PEN 60/70, presentan mayor disminución de la resistencia de tracción a diferencia del grupo LG2-I, LG2-O, LG2-S, que fueron elaboradas con asfalto PEN 120/150.

Tabla 3.19 Resistencia promedio a la tracción para vacíos de 6% a 8% (Río Huaura)

Estado	Muestra N°	RH1-I RT prom.	RH1-O RT prom.	RH1-S RT prom.	RH2-I RT prom.	RH2-O RT prom.	RH2-S RT prom.
SA	1	0.765	0.750	0.728	0.571	0.548	0.506
	2						
	3						
AL	4	0.546	0.560	0.567	0.502	0.526	0.492
	5						
	6						
AM	7	0.442	0.436	0.464	0.382	0.348	0.377
	8						
	9						
AS	10	0.383	0.385	0.369	0.338	0.329	0.306
	11						
	12						

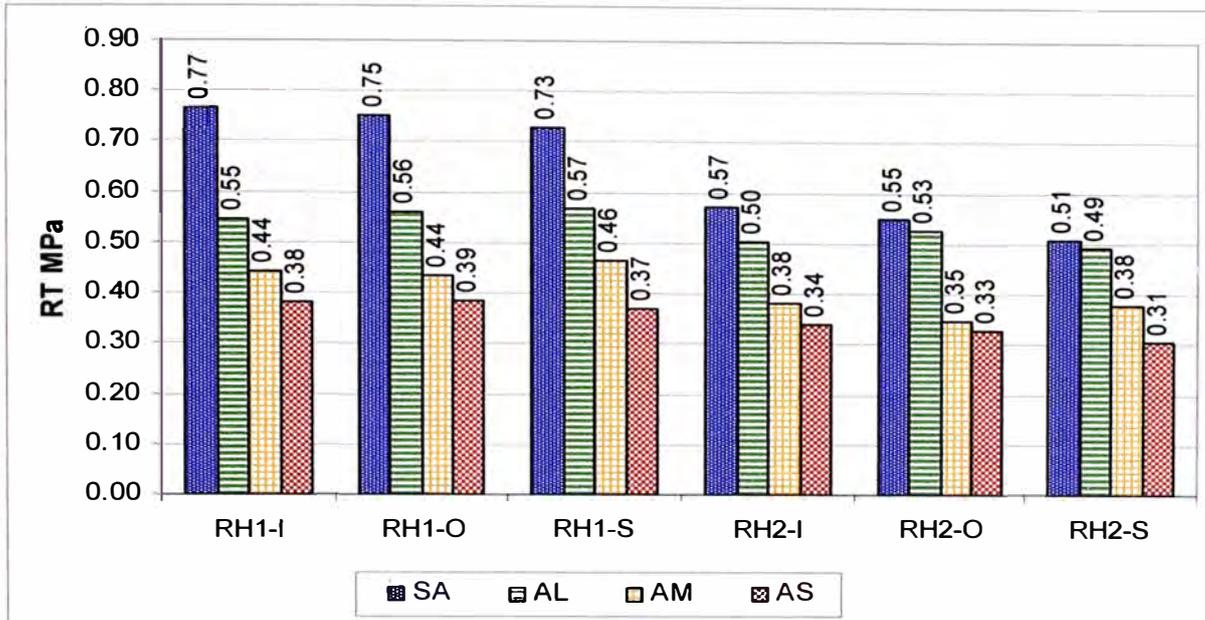


Figura 3.17 Valores de Resistencia a la tracción en muestras con vacíos 6% a 8% (Canteras: Río Huaura)

La figura 3.17, corresponde a la resistencia a tracción de las muestras preparadas con los agregados de la cantera Río Huaura. Se observa que para el grupo de muestras preparadas con asfalto PEN 60/70 (RH1-I, RH1-O y RH1-S), el acondicionamiento leve genera una disminución considerable de 70% a 75% en su resistencia de tracción. En el grupo de muestras elaboradas con asfalto PEN 120/150 (RH2-I, RH2-O, RH2-S), la disminución de la resistencia es en menor porcentaje.

Comparando las figuras 3.16 con la 3.17, se aprecia que las briquetas preparadas con material de la cantera río Huaura, pierden su resistencia de tracción en mayor proporción que las elaboradas con agregados de la cantera La Gloria, donde presentan poca reducción de su resistencia.

3.8 Razón de resistencia a la tracción

Con los resultados de la resistencia a la tracción RT de cada muestra, se determina la razón de resistencia a la tracción RRT, indicada en el ítem 3.5, que consiste en la división de los resultados de tracción en muestras sin acondicionamiento, entre los resultados de tracción de las muestras acondicionadas.

El resultado de la división evalúa la pérdida de adhesividad en mezclas compactadas, cuyos valores deben de ser iguales o mayores a los límites permisibles según la especificación o norma usada. La norma AASHTO que es la más exigente indica que la RRT es mayor o igual a 80%, la propuesta de modificación del EG-2000 por la EG-2006 del MTC indica que la RRT es mayor o igual a 75%, y la norma ASTM D4867 indica que la RRT es mayor o igual a 80%.

Los resultados del cálculo de RRT para las muestras con porcentaje de vacíos entre 3% a 5% se presentan en la tabla 3.20, y su respectivo gráfico en la fig. 3.18.

Tabla 3.20 Resultados de RRT (%) con vacíos 3% - 5%

Estado	LG1-C RRT (%)	LG2-C RRT (%)	RH1-C RRT (%)	RH2-C RRT (%)
AL/SA	101.2	102.0	99.2	100.6
AM/SA	85.4	89.6	79.3	79.8
AS/SA	69.2	75.5	61.3	64.6

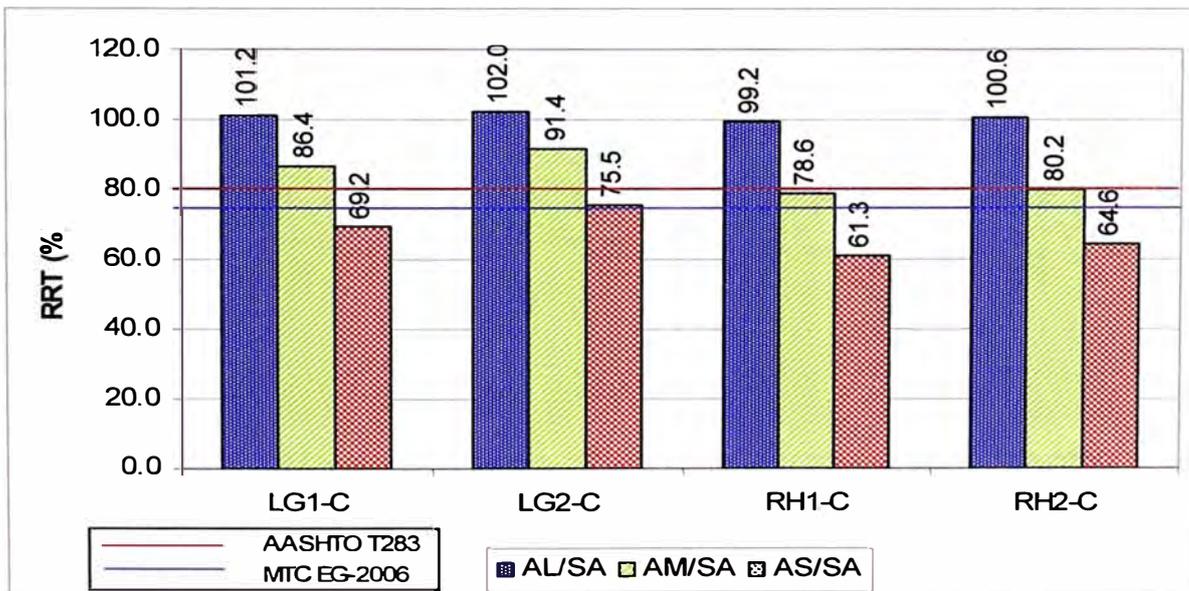


Figura 3.18 Razón de resistencia a la tracción en muestras con vacíos entre 3% a 5%

Se observa que para el acondicionamiento leve, no presenta reducción en su resistencia, igual para el acondicionamiento medio, los resultados de RRT son mayores al 80% a excepción del grupo RH1-C, donde RRT (AM/SA) es de 78.6%, y para el caso del acondicionamiento severo los resultados de RRT son mayores al 60%.

Los resultados de la RRT, para las muestras elaboradas con vacíos entre 6% a 8% y agregados provenientes de las canteras La Gloria y Río Huaura, se muestran en las tablas 3.21 y 3.22 y sus respectivos gráficos en las figuras 3.19 y 3.20.

Tabla 3.21 RRT (%) en muestras con vacíos 6% - 8% (cantera La Gloria)

Estado	LG1-I RRT (%)	LG1-O RRT (%)	LG1-S RRT (%)	LG2-I RRT (%)	LG2-O RRT (%)	LG2-S RRT (%)
AL/SA	96.5	98.0	100.9	99.9	102.4	100.1
AM/SA	81.3	82.2	80.1	81.4	88.1	80.3
AS/SA	57.0	53.5	58.2	65.0	75.8	70.7

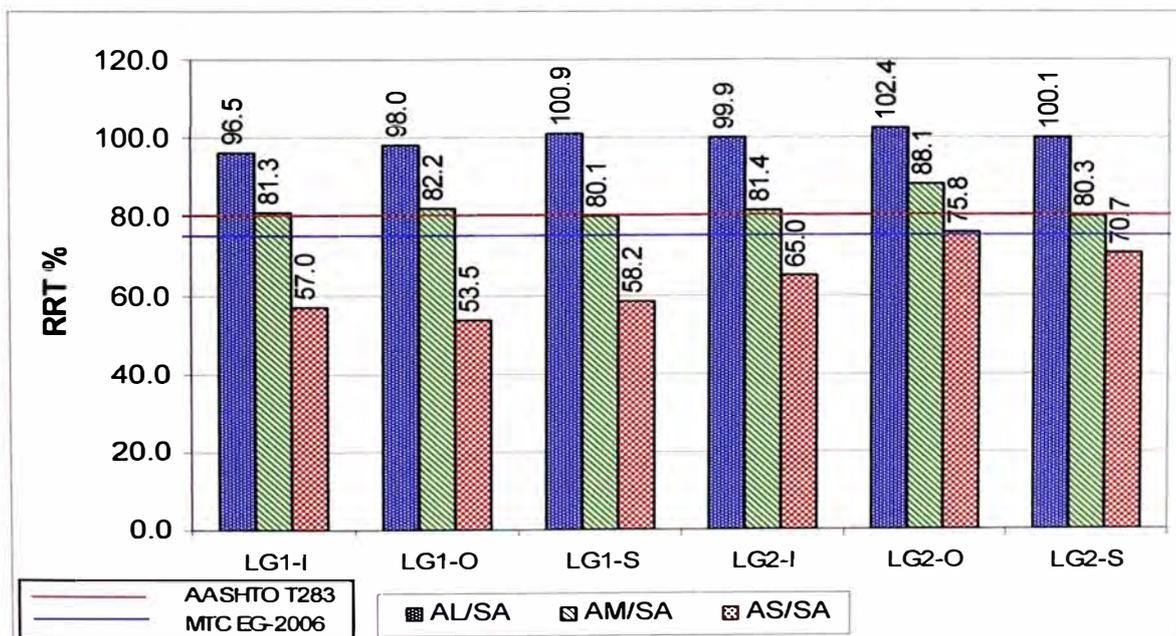


Figura 3.19 Razón de resistencia a la tracción en muestras con vacíos entre 6% a 8% (cantera La Gloria)

En la figura se observa que para el acondicionamiento leve y moderado los valores de RRT son mayores al 80%, disminuyendo los resultados para el acondicionamiento severo, para los grupos (LG1-I, LG1-O, LG1-S), que fueron preparados con asfalto de PEN 60/70, presentan valores de RRT por debajo del 60% para el acondicionamiento severo. Y para los grupos (LG2-I, LG2-O y LG2-S) los resultados del RRT se obtuvieron al orden del 70%.

Tabla 3.22 Resultados de RRT (%) en muestras con vacíos 6% - 8% (cantera río Huaura)

Estado	RH1-I RRT (%)	RH1-O RRT (%)	RH1-S RRT (%)	RH2-I RRT (%)	RH2-O RRT (%)	RH2-S RRT (%)
AL/SA	71.4	74.6	77.9	87.9	96.1	97.2
AM/SA	57.8	58.1	63.7	66.8	63.5	74.4
AS/SA	50.1	51.4	50.7	59.2	60.1	60.4

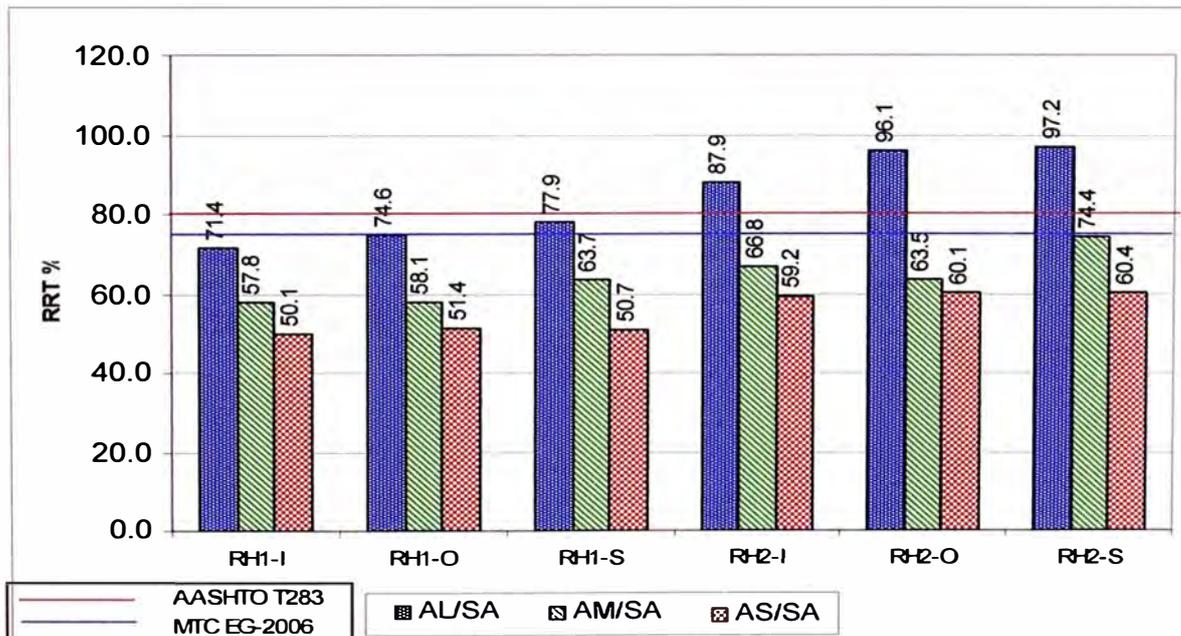


Figura. 3.20 Razón de resistencia a la tracción en muestras con vacíos entre 6% a 8% (cantera río Huaura)

En el caso de las muestras elaboradas con materiales de la cantera río Huaura y asfalto PEN 60/70, grupos (RH1-I, RH1-O y RH1-S) se observa que para el acondicionamiento leve, los valores de RRT se obtienen entre 70% a 80%, El acondicionamiento moderado disminuye a valores inferiores al 60%, y

en el caso del acondicionamiento severo los resultados del RRT están al orden del 50%. Para el caso de las muestras pertenecientes al grupo (RH2-I, RH2-O y RH2-S) que fueron elaborados con asfalto PEN 120/150 presenta valores RRT mayores al grupo anterior, donde los resultados para el acondicionamiento leve son superiores al 80%.

La fig. 3.21 muestra fotos de las briquetas sometidos a rotura por tracción tanto en muestras acondicionadas y sin acondicionar, se observa un mayor desprendimiento del asfalto para la muestra elaborada con agregados de la cantera Río Huaura



Figura 3.21 Briquetas sometidos a rotura por tracción indirecta

Conclusiones

De la implementación y adecuación del equipo.

El estabilómetro o prensa Marshall, se adapta satisfactoriamente para la realización de ensayos de tracción en mezclas asfálticas moldeadas como briquetas y para las variantes que exigen las normas redactadas en el presente trabajo.

La nueva instrumentación del equipo mencionado permitirá a los futuros tesisistas, que la dedicación del mayor tiempo, sea orientado a los trabajos de investigación; alcanzando un procesamiento de mayor cantidad de datos, en el menor tiempo posible.

La inclusión de los sensores mejora la precisión de la toma de datos, reduciendo el error y permitiendo mayor confiabilidad en los resultados.

De los ensayos

Se realizaron ensayos de caracterización de los agregados y determinación de la resistencia a la tracción en las briquetas. Estas fueron elaboradas con materiales sometidos a diferentes niveles de acondicionamiento.

De los ensayos en mezclas asfalto-agregado se puede concluir que el ensayo de tracción indirecta, cuantifica mejor la pérdida de adhesividad que los ensayos visuales, tradicionalmente empleados. Las diferencias y mejoras encontradas se sustentan en los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Es posible realizar ensayos de laboratorio, simulando diferentes condiciones medioambientales (saturación acelerada o el congelamiento), a que estarán expuestos los materiales.

Los valores de razón de resistencia a la tracción (RRT) en las briquetas elaboradas con agregados provenientes de la cantera La Gloria, presentaron

mejor adhesividad con el asfalto, aún incrementando el porcentaje de asfalto en la mezcla. Sólo se registra valores menores al límite permisible, cuando el acondicionamiento se realiza en condiciones severas.

Los valores de RRT en briquetas elaboradas con agregados provenientes de la cantera Río Huaura, presentaron mala adhesividad con el asfalto, reflejados en los valores menores al límite permisible; siendo más drástico para condiciones severas de intemperismo.

Los resultados obtenidos, según el grado de acondicionamiento, reflejan el comportamiento de las mezclas según las condiciones medioambientales a las cuales estarían expuestas; permitiendo que los especialistas cuenten con información complementaria que permita la toma de decisiones en el empleo o no de mejoradores de adherencia.

La caracterización mineralógica, contribuye a clasificar los agregados como ácido, básico o una combinación de ambos. Estos detalles definen el comportamiento como hidrofílicos o hidrofóbicos. Los agregados de la cantera Río Huaura, al poseer mayor proporción de cuarzo compuesto por sílice, presentó menor afinidad con el asfalto.

Recomendaciones

Se recomienda el empleo de los ensayos de tracción indirecta y además la prueba de Lottman, para caracterizar y evaluar la adherencia entre el agregado y el asfalto, así como las bondades de los aditivos mejoradores de adherencia.

Se recomienda, que las muestras elaboradas y ensayadas en el laboratorio, reflejen situaciones reales de condiciones de vacío previstos para la obra.

Finalmente, y según las variables que se requieran evaluar, se recomienda ampliar la investigación a otras gradaciones, tipos de agregados, entre otros parámetros que condicionen la adhesividad de las mezclas asfálticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Asphalt Institute, Principios de construcción de Mezclas Asfálticas en Caliente (MS-22). 1993.
- AASHTO T 283-03, "Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture Induced-Damage", American Association of State Highway Transportation Officials; 2003.
- Anderson; M; Tests to Assess the Potential for Moisture Damage in Asphalt Mixtures; Presentation; Asphalt Institute Spring Meeting, Houston, Texas; 2002.
- Bisso Fernández, Ricardo E., Los Asfaltos, Tecnología y Aplicaciones. Editado por: Petróleos del Perú – Petroperú S.A., Noviembre 1998.
- CEDEX, Catálogo de deterioros de Pavimentos Flexibles (2002). Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Ibero América. Colección de Documentos. Volumen Nº 11. CEDEX 2002.
- Cepeda Aldape J.B. (2002), "Análisis del comportamiento a fisuración de mezclas asfálticas mediante la aplicación de un nuevo ensayo por tracción directa" Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. Febrero de 2002
- Curtis, C. W.; Ensley, K.; EPPS, J.; Fundamental Properties of Asphalt-Aggregate Interactions Including Adhesion and Adsorption; SHRP-A-341; Strategic Highway Research Program; National Research Council; Washington, D.C.; 1993.
- D'Angelo, J.; Anderson, R.M.; Material Production, Mix Design, and Pavement Design Effects on Moisture Damage; Moisture Sensitivity of

- Asphalt Pavements – A National Seminar; Transportation Research Board, 2003.
- Epps, J.; Berger, E.; Anagnos, J.N.; Treatments - Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements – A National Seminar; Transportation Research Board, 2003.
 - Hicks R. G.; Santucci L.; Aschenbrener T.; Introduction and Seminar Objectives; Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements – A National Seminar; Transportation Research Board, 2003.
 - Huang Yang H. "Pavement Analysis and Design". University of Kentucky. Printice Hall, inc. U.S.A.
 - Hunter, E. R.; Evaluating Moisture Susceptibility of Asphalt Mixes; Department Civil and Architectural Engineering; University of Wyoming, 2001.
 - Jones, D.R.; An Asphalt Primer: Understand How the Origin and Composition of Paving-Grade Asphalt Cements Affect Their Performance; SHRP Technical Memorandum nr 4; Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, D.C, 1992.
 - Kiggundu B. M.; Roberts F. L.; Stripping in HMA Mixtures: state-of-the-art and Critical Review of Test Methods; National Center for Asphalt Technology, 1988.
 - Little D. N; Epps, J; The Benefits of Hydrated Lime in Hot Mix Asphalt; National Lime Association; 2001.
 - Little D. N.; Jones IV D. R.; Chemical and Mechanical Processes of Moisture Damage in Hot-Mix Asphalt Pavements; Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements – A National Seminar; Transportation Research Board, 2003.

- Lottman, R. P.; Predicting Moisture-Induced Damage to Asphalt Concrete – Field Evaluation, TRB - Transportation Research Board, NCHRP Report N° 246.; 1982.
- Majidzadeh, K.; Brovold, F. N.; State of the Art: Effect of Water on Bitumen-Aggregate Mixtures; Special Report 98, Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1968.
- Martínez A. H. (2000); “Aseguramiento de la Calidad de Mezclas Bituminosas Mediante la Aplicación del ensayo de Tracción Indirecta en el Control y su ejecución”, Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España Febrero 2002.
- Nacional Asphalt Training Center, Antecedentes del Diseño y Análisis de Mezclas Asfálticas de Superpave, Strategic Highway Research Program. (SHRP) EE.UU. 1998.
- Petersen, J.C.; Chemistry of Asphalt Aggregate Interaction (Presentation); Moisture Damage Symposium; Laramie, Wyo., 2002.
- Romero, F.L.; Stuart, K.D.; Evaluating Accelerated Rut Testers; Public Roads, Vol 61, N°1, 1998.
- Solaimanian, M.; Harvey, J.; Tahmoressi, M.; Tandon, V.; Test Methods to Predict Moisture Sensitivity of Hot-Mix Asphalt Pavements; Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements – A National Seminar; Transportation Research Board, 2003.
- Tarrer, A.R.; Wagh, V.; The Effect of the Physical and Chemical Characteristics of the Aggregate on Bonding; Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, D.C, 1991.

- Terrel, R. L., e S. AL-Swailmi; Water Sensitivity of Asphalt–Aggregate Mixes: Test Selection. SHRP Report A-403. Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, D.C, 1994.

- Yoon, H. H.; Tarrer, A. R.; Effect of Aggregate Properties on Stripping; Transportation Research Record 1171, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1988.

ANEXOS

SUMARIO DE ANEXOS

Anexo A: Norma AASHTO T-283-03

Anexo B: Norma ASTM D4867

Anexo C: Calidad del asfalto PEN 60/70 y PEN 120/150

Anexo D: Reporte de ensayos de Laboratorio

Anexo E: Fotografías de ensayos de Laboratorio

Anexo F: Instrumentación e implementación del estabilómetro Marshall.

Anexo G: Fotografías de la instrumentación del estabilómetro Marshall.

ANEXO A

Norma AASHTO T283-03

Resistance of Compacted Asphalt Mixture to Moisture Induced Damage



AASHTO Designation: T 283-03

1. SCOPE

- 1.1 This method covers preparation of specimens and the measurement of the change of diametral tensile strength resulting from the effects of saturation and accelerated water conditioning, with a freeze-thaw cycle, of compacted asphalt mixtures. The results may be used to predict long-term stripping susceptibility of the asphalt mixtures and evaluate liquid anti-stripping additives that are added to the asphalt binder or pulverulent solids, such as hydrated lime or Portland cement, which are added to the mineral aggregate.
- 1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.
- 1.3 This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. REFERENCED DOCUMENTS

2.1 AASHTO Standards:

- T 166, Bulk Specific Gravity of Compacted asphalt Mixtures Using Saturated Surface-Dry Specimens.
- T 167, Compressive Strength of Hot-Mix Asphalt.
- T 209, Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures
- T 245, Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures using Marshall Apparatus.
- T 247, Preparation of Test Specimens of Bituminous Mixtures by Means of California Kneading Compactor.
- T 269, Percent Air Voids in Compacted Dense and Open Asphalt Mixtures.
- T 312, Preparation and Determining the Density of Hot-Mix Asphalt (HMA) Specimen by Means of the Superpave Gyrotory Compactor

2.2 ASTM Standards:

- D 979, Sampling Bituminous Paving Mixtures.
- D 2041, Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures.
- D 3387, Compaction and Shear Properties of Bituminous Mixtures by Means of the U.S. Corps of Engineers Gyrotory Testing Machine (GTM)
- D 3549, Thickness or Height of Compacted Bituminous Paving Mixture Specimens

3. SIGNIFICANCE AND USE

- 3.1 As noted in the scope, this method is intended to evaluate the effects of saturation and accelerated water conditioning, with a freeze-thaw cycle, of compacted asphalt mixtures. This method can be used to test: (a) asphalt mixtures in conjunction with mixture design testing (lab-mixed, lab-compacted); (b) asphalt mixtures produced at mixing plants (field-mixed, lab-compacted); and (c) asphalt mixture cores obtained from completed pavements of any age (field-mixed, field-compacted).
- 3.2 Numerical Indices of retained indirect-tensile properties are obtained by comparing the properties of laboratory specimens subjected to moisture and freeze-thaw conditioning with the similar properties of dry specimens.

4. SUMMARY OF METHOD

- 4.1 Test specimens for each set of mix conditions, such as those prepared with untreated asphalt, asphalt treated with anti-stripping agent or aggregate treated with lime, are prepared. Each set of specimens is divided into subsets. One subset is tested in dry condition for indirect-tensile strength. The other subset is subjected to vacuum saturation and a freeze cycle, followed by a warm-water soaking cycle, before being tested for indirect-tensile strength. Numerical indices of retained indirect-tensile strength properties are calculated from the test data obtained by the two subsets: dry and conditioned.

5. APPARATUS

- 5.1 Equipment for preparing and compacting specimens from one of the following: T 245, T 247, T 312, or D 3387.
- 5.2 Vacuum container, preferably Type D, and vacuum pump or water aspirator, all from D 2041 including manometer or vacuum gauge.
- 5.3 Balance and water bath from T 166.
- 5.4 Water bath capable of maintaining a temperature of $60^{\circ}\text{C} \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ($140^{\circ}\text{F} \pm 1.82^{\circ}\text{F}$).
- 5.5 Freezer maintained at $-18 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ($0 \pm 5^{\circ}\text{F}$).
- 5.6 A supply of plastic film for wrapping specimens; heavy-duty, leak-proof plastic bags to enclose the saturated specimens; and masking tape.
- 5.7 10-mL graduated cylinder.
- 5.8 Pans having a surface area of 48,400 – 129,000 square millimeters (75-200 square inches) in the bottom and a depth of approximately 25 mm (1 in.).
- 5.9 Forced-draft oven, thermostatically controlled, capable of maintaining any desired temperature setting from room temperature to 176°C (350°F) within $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{F}$).

5.10 Loading jack and ring dynamometer from T 245, or a mechanical or hydraulic testing machine from T 167, to provide a range of accurately controllable rates of vertical deformation, including 50 mm per minute (2 in. per minute).

5.11 Steel loading strips with a concave surface having a radius of curvature equal to the nominal radius of the test specimen. For specimens 100 mm (4 in.) in diameter, the loading strips shall be 12.7mm (0.5 in) wide, and for specimens 150 mm (6 in.) in diameter, the loading strips shall be 19.05mm (0.75 in) wide. The length of the loading strips shall exceed the thickness of the specimens. The edges of the loading strips shall be rounded to the appropriate radius of curvature by grinding.

6. PREPARATION OF LABORATORY-MIXED, LABORATORY-COMPACTED SPECIMENS

6.1. Make at least six specimens for each test, half to be tested dry and the other half to be tested after partial saturation and moisture conditioning with a freeze-thaw cycle (Note 1).

Note 1 – It is recommended that two additional specimens for the set be prepared. These specimens can then be used to establish compaction procedures as given in section 6.5 or 7.4 and the vacuum saturation technique as given in section 10.3.

6.2. Specimens 100 mm (4 in.) in diameter by 63.5 ± 2.5 mm (2.5 ± 0.1 in.) thick, or 150 mm (6 in.) in diameter by 95 ± 5 mm (3.75 ± 0.2 in.) thick are used. Specimens 150 mm (6 in.) in diameter by 95 ± 5 mm (3.75 ± 0.2 in.) thick should be used if aggregate larger than 25 mm (1 in.) is present in the mixture.

6.3. Prepare mixtures in batches large enough to make at least three specimens or, alternatively, prepare a batch large enough to just make one specimen at a time. If preparing a multi specimen batch, split the batch into single-specimen quantities before placing in the oven.

6.4. After mixing, the mixture shall be placed in a pan having a surface area of 48,400-129,000 square millimeters (75-200 square inches) in the bottom and a depth of approximately 25 mm (1 in.) and cooled at room temperature for 2 ± 0.5 hours. Then, the mixture shall be placed in a $60 \pm 3^\circ\text{C}$ ($140 \pm 5^\circ\text{F}$) oven for 16 ± 1 hours for curing. The pans should be placed on spacers to allow air circulation under the pan if the shelves are not perforated.

6.5. After curing, place the mixture in a oven for 2 hours \pm 10 minutes at the compaction temperature $\pm 3^\circ\text{C}$ (5°F) prior to compaction. Compact the specimens according to one of the following methods: T 245, T 247, T 312, or D 3387. Then mixture shall be compacted to 7.0 ± 0.5 percent air voids. This level of voids can be obtained by adjusting the number of blows in T 245; adjusting foot pressure, number of tamps, leveling load, or some combination in T 247; or adjusting the number of revolutions in T 312 or D 3387. The exact procedure must be determined experimentally for each mixture before compacting the specimens for each set (Note 2).

Note 2 – Due to the elevated void content and potential instability of the specimens, ensure each specimen is adequately cool and stable prior to removal from the mold.

6.6. After removal from the molds, the specimens shall be stored for 24 ± 3 hours at room temperature.

7. PREPARATION OF FIELD-MIXED, FIELD-COMPACTED SPECIMENS

- 7.1. Make at least six specimens for each test, half to be tested dry and the other half to be tested after partial saturation and moisture conditioning with a freeze-thaw cycle (Note 1).
- 7.2. Specimens 100 mm (4 in.) in diameter by 63.5 ± 2.5 mm (2.5 ± 0.1 in.) or 150 mm (6 in.) in diameter by 95 ± 5 mm (3.75 ± 0.2 in.) thick are used specimens 150 mm (6 in.) in diameter by 95 ± 5 mm (3.75 ± 0.2 in.) thick should be used if aggregate larger than 25 mm (1 in) is present in the mixture.
- 7.3. Field-mixed asphalt mixtures shall be sampled in accordance with D 979.
- 7.4. No loose-mix curing as described in section 6.4 shall be performed on the field-mixed samples after sampling, place the mixture in an oven until it reaches the compaction temperature $\pm 3^{\circ}\text{C}$ (5°F). Then, compact the specimen according to one of the following methods: T 245, T 247, T 312, or D 3387. The mixture shall be compacted to 7.0 ± 0.5 percent air voids. This level of voids can be obtained by adjusting the number of blows in T 245; or adjusting foot pressure, number of tamps. Leveling load, or some combination in T 247; or adjusting the number of revolutions in T 312 or D 3387. The exact procedure must be determined experimentally for each mixture before compacting the specimens for each set (Note 2).
- 7.5. After removal from the molds, the specimen shall be stored for 24 ± 3 hours at room temperature.

8. PREPARATION OF FIELD-MIXED, FIELD-COMPACTED SPECIMENS (CORES)

- 8.1. Select locations on the completed pavement to be sampled, and obtain cores. When testing pavement layers with a thickness less than or equal to 63.5 mm (2.5 in.), use 100 mm (4 in.) diameter cores. Otherwise, use either 100 mm (4 in.) or 150 mm (6 in.) diameter cores number of cores shall be at least six for each set of mix conditions.
- 8.2. Separate the core layers as necessary by sawing them or by other suitable means, and store the layers to be tested at room temperature until they are dry.
- 8.3. No loose-mix curing (section 6.4) or compacted-mix curing (section 6.6) shall be performed on the field-mixed, field-compacted specimens (cores).

9. EVALUATION AND GROUPING OF SPECIMENS

Note 3 – A data sheet that is convenient for use with this test method is shown as table 1.

- 9.1. After curing or heating mixture samples for the theoretical maximum specific gravity (G_{mm}) test as described in sections 6.4 and 6.5, or Section 7.4 as appropriate, determine the G_{mm} of those samples by T 209.
- 9.2. Determine each specimen thickness (t) in accordance with D 3549.
- 9.3. Record each specimen diameter (D) as defined in section 6.2, 7.2, or 8.1, as appropriate.
- 9.4. Determine each bulk specific gravity (G_{mb}) by Method A of T 166. Express the volume

(E) of the specimens, or the saturated, surface-dry mass minus the mass in water, in cubic centimeters.

- 9.5. Calculated the percentage of air voids (P_a) in accordance with T 269.
- 9.6. Separate the specimens into two subsets, of at least three specimens each, so that the average air voids of the two subsets are approximately equal.

For those specimens to be subjected to vacuum saturation, a freeze cycle, and warm-water soaking cycle, calculate the volume of air voids (V_a) in cubic centimeters using the following equation:

$$V_a = \frac{P_a E}{100} \quad (1)$$

Where:

V_a = volume of air voids, cubic centimeters;

P_a = air voids, percent; and

E = volume of the specimen, cubic centimeters.

10. PRECONDITIONING OF TEST SPECIMENS.

10.1. One subset will be tested dry, and the other will be partially vacuum-saturated, subjected to freezing, and soaked in warm water before testing.

10.2. The dry subset will be stored at room temperature as described in section 6.6 or 7.5, as appropriate. At the end of the curing period from section 6.6 or 7.5, as appropriate, the specimens shall be wrapped with plastic or placed in a heavy-duty, leak-proof plastic bag. The specimens shall then be placed in a $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ($77 \pm 1^\circ\text{F}$) water bath 2 hours ± 10 minutes with a minimum 25 mm (1 in.) of water above their surface. Then, test the specimens as described in section 11.

10.3. The other subset shall be conditioned as follows.

10.3.1. Place the specimen in the vacuum container supported a minimum of 25 mm (1 in.) above the container bottom by a perforated spacer. Fill the container with potable water at room temperature so that the specimens have at least 25 mm (1 in.) of water above their surface. Apply a vacuum of 13-67kPa absolute pressure (10-26 in. Hg partial pressure) for a short time (approximately 5 to 10 minutes). Remove the vacuum and leave the specimen submerged in water for a short time (approximately 5 to 10 minutes).

10.3.2. Determine the mass of the saturated, surface-dry specimen after partial vacuum saturation (B') by Method A of T 166.

10.3.3. Calculate the volume of absorbed water (J') in cubic centimeters by use of the following equation:

$$J' = B' - A \quad (2)$$

Where:

J' = volume of absorbed water, cubic centimeters;

B' = mass of the saturated, surface-dry specimen after partial vacuum saturation, g; and

A = mass of the dry specimen in air, g (Section 9.4).

10.3.4. Determine the degree of saturation (S') by comparing the volume of absorbed water (J') with the volume of air voids (V_a) from section 9.7 using the following equation.

$$S' = \frac{100J'}{V_a} \quad (3)$$

Where:

S' = degree of saturation, percent.

10.3.5. If the degree of saturation is between 70 and 80 percent, proceed to Section 10.3.7.

10.3.6. If the degree of saturation is less than 70 percent, repeat the procedure beginning with Section 10.3.1 using more vacuum and/or time. If the degree of saturation is more than 80 percent, the specimen has been damaged and must be discarded. In this case, repeat the procedure on the next specimen beginning with Section 10.3.1 using less vacuum and/or time.

10.3.7. Cover each of the vacuum-saturated specimens tightly with a plastic film (Saran Wrap® brand or equivalent). Place each wrapped specimen in a plastic bag containing 10 ± 0.5 mL of water, and seal the bag. Place the plastic bags containing the specimens in a freezer at a temperature of $-18 \pm 3^\circ\text{C}$ ($0 \pm 5^\circ\text{F}$) for a minimum of 16 hours. Remove the specimens from the freezer.

10.3.8. Place the specimens in a bath containing potable water at $60 \pm 1^\circ\text{C}$ ($140 \pm 2^\circ\text{F}$) for 24 ± 1 hours. The specimens should have a minimum of 25 mm (1 in.) of water above their surface. As soon as possible after placement in the water bath, remove the plastic bag and film from each specimen.

10.3.9. After 24 ± 1 hours in the $60 \pm 1^\circ\text{C}$ ($140 \pm 2^\circ\text{F}$) water bath, remove the specimens, and place them in a water bath at $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ($77 \pm 1^\circ\text{F}$) for 2 hours \pm 10 minutes. The specimens should have a minimum of 25 mm (1 in.) of water above their surface. It may be necessary to add ice to the water bath to prevent the water temperature from rising above 25°C (77°F). Not more than 15 minutes should be required for the water bath to reach $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ($77 \pm 1^\circ\text{F}$). Remove the specimens from the water bath, and test them as described in section 11.

11. TESTING

11.1. Determine the indirect-tensile strength of dry and conditioned specimens at $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ($77 \pm 1^\circ\text{F}$).

11.2. Remove the specimen from $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ($77 \pm 1^\circ\text{F}$) water bath, and determine the thickness (t') by D 3549. Place it between the steel loading strips and then place the specimen and loading strips between the two bearing plates in the testing machine. Care must be taken so that the load will be applied along the diameter of the specimen. Apply the load to the specimen, by means of the constant rate of movement of the testing machine head, at 50 mm (2 in.) per minute.

11.3. Record the maximum compressive strength noted on the testing machine, and continue loading until a vertical crack appears. Remove the specimen from the machine, and pull it apart at the crack. Inspect the interior surface for evidence of cracked or broken aggregate; visually estimate the approximate degree of moisture damage on a scale from "0" to "25" (with "5" being the most stripped), and record the observations in table 1.

Table 1 – Moisture Damage Laboratory Data Sheet (Nonmandatory Information)

Project _____
 Additive _____ Dosage _____
 Compaction Method _____ Effort _____
 Date Tested _____ By _____

Sample identification										
Diameter, mm (in.)	D									
Thickness, mm (in.)	t									
Dry Mass in Air, g	A									
SSD Mass, g	B									
Mass in water, g	C									
Volume (B-C), cc	E									
Bulk specific Gravity (A/E)	G_{mb}									
Maximum Specific Gravity	G_{mm}									
% Air Voids $[100(G_{mm}-G_{mb})/G_{mm}]$	P_a									
Volume of Air Voids ($P_a E/100$), cc	V_a									
Load, N (Lbf)	P									
Saturated	min. @	kPa (psi) or				mm Hg (in. Hg)				
Thickness, mm (in.)	t'									
SSD Mass, g	B'									
Volume of Absorbed Water (B'-A), cc	J'									
% saturation $(100J'/V_a)$	S'									
Load, N (Lbf)	P'									
Dry Strength $[2000P/\pi t D]$, Kpa, (psi)	S_1									
Wet Strength $[2000P/\pi t' D]$, Kpa, (psi)	S_2									
Visual Moisture Damage (0 to 5 rating)										
Cracked/Broken Aggregate?										
TSR (S_2/S_1)										

12. CALCULATIONS

12.1 Calculate the tensile strength as follows:

SI Units:

$$S_t = \frac{2000P}{\pi D} \quad (4)$$

Where:

S_t = tensile strength, kPa;

P = maximum load, N;

T = specimen thickness, mm;

D = specimen diameter, mm;

U.S. Customary units:

$$S_t = \frac{2P}{\pi D} \quad (5)$$

Where:

S_t = tensile strength, psi;

P = maximum load, Lbs;

T = specimen thickness, in; and

D = specimen diameter, in.

12.2 Express the numerical index of resistance of asphalt mixtures to the detrimental effect of water as the ratio of the original strength that is retained after the moisture and freeze-thaw conditioning.

Calculate the tensile strength ratio to two decimal places as follows:

$$\text{Tensile Strength Ratio} \quad (TSR) = \frac{S_2}{S_1} \quad (6)$$

Where:

S_1 = average tensile strength of the dry subset, kPa (psi); and

S_2 = average tensile strength of the conditioned subset, kPa (psi).

13. REPORT

13.1 Report the following information:

13.1.1. Number of specimens in each subset;

13.1.2. Average air voids of each subset;

13.1.3. Tensile strength of each specimen in each subset;

13.1.4. Tensile strength ratio;

13.1.5. Results of visually estimated moisture damage observed when the specimen fractures; and

13.1.6. Results of observations of cracked or broken aggregate.

ANEXO B

Norma ASTM D4867-96



Standard Test Method for Effect of Moisture on Asphalt Concrete Paving Mixtures¹

This standard is issued under the fixed designation D 4867/D4867M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

Scope

1.1 This test method covers procedures for preparing and testing asphalt concrete specimens for the purpose of measuring the effect of water on the tensile strength of the paving mixture. This test method is applicable to dense mixtures such as those appearing in the Table for Composition of Bituminous Paving Mixtures in Specification D 3515. This test method can be used to evaluate the effect of moisture with or without antistripping additives including liquids and pulverulent solids such as hydrated lime or portland cement.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units in parentheses shall be regarded separately as standard. The values in each system may not be exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other, without combining values in any way.

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

Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards:*
- D 979 Practice for Sampling Bituminous Paving Mixtures²
 - D 1074 Test Method for Compressive Strength of Bituminous Mixtures²
 - D 1559 Test Method for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus²
 - D 1561 Practice for Preparation of Bituminous Mixture Test Specimens by Means of California Kneading Compactor²
 - D 2041 Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures²
 - D 2726 Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures Using Saturated Surface-Dry Specimens²
 - D 3203 Test Method for Percent Air Voids in Compacted Dense and Open Bituminous Paving Mixtures²
 - D 3387 Test Method for Compaction and Shear Properties of Bituminous Mixtures by Means of the U.S. Corps of Engineers Gyratory Testing Machine (GTM)²

¹This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-4 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.22 on Effect of Water and Other Elements on Bituminous Coated Aggregates. Current edition approved July 10, 1996. Published September 1996. Originally published as D 4867 – 88. Last previous edition D 4867 – 92.
²Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.03.

D 3496 Method for Preparation of Bituminous Mixture Specimens for Dynamic Modulus Testing²

D 3515 Specification for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures²

D 3549 Test Method for Thickness or Height of Compacted Bituminous Paving Mixture Specimens²

D 3665 Practice for Random Sampling of Construction Materials²

D 4013 Practice for Preparation of Test Specimens of Bituminous Mixtures by Means of Gyratory Shear Compactor²

D 4123 Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixtures²

3. Summary of Test Method

3.1 *Potential for Moisture Damage*—The degree of susceptibility to moisture damage is determined by preparing a set of laboratory-compacted specimens conforming to the job-mix formula without an additive. The specimens are compacted to a void content corresponding to void levels expected in the field, usually in the 6 to 8 % range. The set is divided into two subsets of approximately equal void content. One subset is maintained dry while the other subset is partially saturated with water and moisture conditioned. The tensile strength of each subset is determined by the tensile splitting test. The potential for moisture damage is indicated by the ratio of the tensile strength of the wet subset to that of the dry subset.

3.2 *Additive Effect*—The effect of an antistripping additive is determined on a set of specimens containing an additive prepared and tested as described in 3.1. The effect of an additive dosage may be estimated by repeating the tests on sets with different additive dosages.

3.3 *Plant-Produced Mixtures*—The potential for moisture damage or the effectiveness of an additive in a plant-produced mixture is determined on specimens that are laboratory compacted to expected field-level void content, divided into wet and dry subsets, and evaluated as described in 3.2.

4. Significance and Use

4.1 This test method can be used to test asphalt concrete mixtures in conjunction with mixture design testing to determine the potential for moisture damage, to determine whether or not an antistripping additive is effective, and to determine what dosage of an additive is needed to maximize the effectiveness. This test method can also be used to test mixtures produced in plants to determine the effectiveness of additives

under the conditions imposed in the field.

Apparatus

- 5.1 To prepare and compact the specimens use apparatus from any one of the following: Test Methods D 1074, D 1559, D 3387, Method D 3496, or Practices D 1561 and D 4013.
- 5.2 *Vacuum Pump or Water Aspirator* in accordance with Test Method D 2041.
- 5.3 *Manometer or Vacuum Gage* in accordance with Test Method D 2041.
- 5.4 *Container*, preferably Type F, of Test Method D 2041.
- 5.5 *Balance* in accordance with Test Method D 2726.
- 5.6 *Water Baths* Three:
 - 5.6.1 One waterbath in accordance with Test Method D 2726.
 - 5.6.2 One bath capable of maintaining a temperature of 60.0°C (140 ± 1.8°F) for 24 h, and
 - 5.6.3 One bath capable of maintaining a temperature of 25.0°C (77 ± 1.8°F).
- 5.7 *Loading Jack and Ring Dynamometer* in accordance with Test Method D 1559, or a *Mechanical* or *Hydraulic Stripping Machine* capable of maintaining the required strain rate and measuring load with equal or better precision.
- 5.8 *Loading Strips* in accordance with Test Method D 14123.

6. Preparation of Laboratory Test Specimens

- 6.1 Make at least six specimens for each test, three to be tested dry and three to be tested after partial saturation and moisture conditioning.
- 6.2 Use specimens 100 mm (4 in.) in diameter and 62.5 mm (2.5 in.) high, in general, but specimens of other dimensions may be used if desired. When using aggregate larger than 25 mm (1 in.), use specimens at least 150 mm (6 in.) in diameter.
- 6.3 Prepare mixtures in batches large enough to make at least 3 specimens or, as an alternative, prepare a batch just large enough for 1 specimen. If theoretical maximum specific gravity is to be determined, use a batch large enough or prepare a separate batch to provide a specimen for this purpose.
- 6.4 When a liquid antistripping additive is used, heat a sufficient quantity of asphalt cement for one batch to 150 ± 6°C (300 ± 10°F) in a closed 1 L (1-qt) can in an oven. Add the required quantity of additive and immediately mix, for approximately 2 min, with a mechanical stirrer approximately 15 mm (1 in.) from the bottom of the container. Maintain the treated asphalt cement at 150 ± 6°C (300 ± 10°F) in the sealed can until it is used. Discard the treated asphalt cement if not used the same day it is prepared, or if allowed to cool so that it requires reheating.
- 6.5 When using a pulverulent solid antistripping additive use the addition procedure simulating the procedure expected in the field. Follow the procedure specified in either 6.5.1, 6.5.2, or 6.5.3.
 - 6.5.1 When dry powder is added to dry aggregate, dry, weigh, and heat the mineral aggregate to 150 ± 6°C (300 ± 10°F). Add the required quantity of additive to the aggregate, and thoroughly mix the entire mass until a uniform distribution of additive is achieved. Take care to minimize the loss of additive to the atmosphere in the form of dust. After mixing,

maintain the treated aggregate at the required mixing temperature until it is used.

6.5.2 When dry powder is added to damp aggregate, batch the damp mineral aggregate, and adjust the moisture content of the combined aggregate to the expected field moisture level. Add the required quantity of additive to the damp aggregate, and thoroughly mix the entire mass until a uniform distribution of additive is achieved. Take care to minimize the loss of additive to the atmosphere in the form of dust. After mixing, dry the treated aggregate, heat to the required mixing temperature, and maintain at that temperature until it is used.

6.5.3 When powder slurry is used, add the required quantity of additive to water using the powder to water ratio expected in the field. Take care to minimize the loss of additive to the atmosphere in the form of dust. To prevent settling, continuously mix the resulting slurry until it is used. Batch the damp mineral aggregate, adjust the moisture content as required in 6.5.2, add the required quantity of slurry, and thoroughly mix the entire mass until a uniform distribution of slurry is achieved. After mixing, dry the treated aggregate, heat to the required mixing temperature, and maintain at that temperature until used.

6.6 Proportion, mix, and compact specimens in accordance with one of the following: Test Methods D 1074, D 1559, D 3387, Method D 3496, Practices D 1561 or D 4013, and 6.6.1 and 6.6.2. If Test Method D 1559 is used, either a manual or mechanical hammer may be used.

6.6.1 After mixing, stabilize the mixture temperature of each specimen at the required compaction temperature, in a closed container, in an oven for 1 to 2 h. If preparing a multi-specimen batch, split the batch into single-specimen quantities before placing into the oven.

6.6.2 Compact the specimens to 7 ± 1 % air voids, or a void level expected in the field at the time of construction. This void level can be obtained by adjusting the following: the static load in double-plunger compaction; the number of blows in a marshall hammer compaction; the foot pressure, number of tamps, leveling load, or some combination in kneading compaction; or the number of revolutions in gyratory compaction. Determine the exact procedure by trial for each mixture.

6.6.3 Cool specimens in the mold to room temperature as rapidly as possible in a stream of moving air, extract from molds, then follow the procedure outlined in Section 8 within 24 h.

7. Preparation of Field Specimens

7.1 Select a truck to be sampled in accordance with Practice D 3665.

7.2 Secure a sample from the truck at the plant in accordance with Practice D 979.

7.3 Stabilize the mixture temperature to approximately the temperature found in the field when rolling begins. Maintain this temperature in a closed container, in an oven if necessary, for approximately the time lapse between mixing and the start of actual rolling.

7.4 Compact the specimens in accordance with 6.6.2, and cool and extract from the molds in accordance with 6.6.3.

7.5 If specimens are not to be compacted in the field laboratory, place the samples in a sealed container, transport to

laboratory, and reheat to the temperature required in 7.3. Proceed with the steps in 7.4.

Note 1—Specimens made from plant-produced mixtures in accordance with Section 7 may yield different results from specimens made from laboratory-produced mixtures of the same job mix made in accordance with Section 6.

Procedure

Note 2—A data sheet that is convenient for use with this procedure appears in Appendix X1.

8.1 Determine the theoretical maximum specific gravity in accordance with Test Method D 2041.

8.2 Determine the specimen height in accordance with Test Method D 3549.

8.3 Determine the bulk specific gravity in accordance with Test Method D 2726, and express the volume of the specimen in cubic centimeters. The term (B-C) in Test Method D 2726 is the volume of the specimen in cubic centimetres.

8.4 Calculate the percent air voids in accordance with Test Method D 3203, and express the volume of air in cubic centimeters. The volume of air is the volume of the specimen in 8.3 multiplied by the percent air voids.

8.5 Sort the specimens into two subsets so that the average air voids of the two subsets are approximately equal. Store the subsets to be tested dry at room temperature.

8.6 Partially saturate the subset to be moisture conditioned with distilled water at room temperature using a vacuum chamber. If it is difficult to reach the minimum degree of saturation required in 8.6.3, the water used to saturate may be heated up to 60°C (140°F).

8.6.1 Partially saturate, to the degree specified in 8.6.3, by applying a partial vacuum such as 70 kPa or 525 mm Hg (20 in. Hg) for a short time such as five min.

Note 3—Experiments with partial vacuum at room temperature indicate that the degree of saturation is very sensitive to the magnitude of the vacuum and practically independent of the duration. The level of vacuum selected appears to be different for different mixtures.

8.6.2 Determine the volume of the partially saturated specimen in accordance with Test Method D 2726. Determine the volume of the absorbed water by subtracting the air-dry mass of the specimen in 8.3 from the saturated surface-dry mass of the partially saturated specimen.

8.6.3 Determine the degree of saturation by dividing the volume of the absorbed water in 8.6.2 by the volume of air voids in 8.4 and express the result as a percentage. If the volume of water is between 55 and 80 % of the volume of air, proceed to 8.7. If the volume of water is less than 55 %, repeat the procedure beginning with 8.6.1 using a slightly higher partial vacuum. If the volume of water is more than 80 %, the specimen has been damaged and is discarded.

Note 4—If the average air voids of the saturated subset is less than 10 %, a degree of saturation of at least 70 % is recommended.

8.7 Moisture condition the partially saturated specimens by soaking in distilled water at 60 ± 1.0°C (140 ± 1.8°F) for 24 h.

Note 5—If a freeze-thaw conditioning cycle is desired, the following procedure is suggested instead of the procedure in 8.7. Wrap each of the partially saturated specimens tightly with two layers of plastic film using

masking tape to hold the wrapping if necessary. Place each wrapped specimen into a leak-proof plastic bag containing approximately 3 mL of distilled water, and seal the bag with a tie or tape. Place the wrapped and bagged specimens into an air bath freezer at -18 ± 2.0°C (-0.4 ± 3.6°F). After at least 15 h in the freezer, remove the specimens and immerse them in a water bath at 60 ± 1.0°C (140 ± 1.8°F) for 24 h. After 3 min of immersion, after specimen surface thaw occurs, remove the bag and wrapping from the specimens.

8.8 Adjust the temperature of the moisture-conditioned subset by soaking in a water bath for 1 h at 25 ± 1°C (77 ± 1.8°F).

8.9 Measure the height of the moisture-conditioned subset by Test Method D 3549, and determine volume by Test Method D 2726.

8.9.1 Determine the water absorption and the degree of saturation in accordance with 8.6.2 and 8.6.3. A degree of saturation exceeding 80 % is acceptable.

8.9.2 Determine the swell of the partially saturated specimens by dividing the change in specimen volumes in 8.6.2 and 8.3 by the specimen volume in 8.3. Determine the swell of moisture-conditioned specimens by dividing the change in the specimen volume in 8.9 and 8.3 by the specimen volume in 8.3.

8.10 Adjust the temperature of the dry subset by soaking in a water bath for 20 min at 25 ± 1.0°C (77 ± 1.8°F).

8.11 Determine the tensile strength at 25 ± 1.0°C (77 ± 1.8°F) of both subsets.

8.11.1 Place a specimen into the loading apparatus and position the loading strips so that they are parallel and centered on the vertical diametral plane. Apply a diametral load at 50 mm/min (2 in./min) until the maximum load is reached, and record the maximum load.

8.11.2 Continue loading until the specimen fractures. Break the specimen open and visually estimate and record the approximate degree of moisture damage, if any.

8.11.3 Inspect all surfaces, including the failed faces, for evidence of cracked or broken aggregate, that may influence test results, and record observations.

9. Calculation

9.1 Calculate the tensile strength as follows:

$$S_t = 2000 P / \pi t D \text{ (kPa)} \tag{1}$$

or

$$S_t = 2P / \pi t D \text{ (psi)}$$

where:

S_t = tensile strength, kPa (psi)

P = maximum load, N (lbf)

t = specimen height immediately before tensile test, mm (in.), and

D = specimen diameter, mm (in.).

9.2 Calculate the tensile strength ratio as follows:

$$TSR = (S_{tm} / S_{td}) 100 \tag{2}$$

where:

TSR = tensile strength ratio, %

S_{tm} = average tensile strength of the moisture-conditioned subset, kPa (psi), and

S_{td} = average tensile strength of the dry subset, kPa (psi).

10. Report

10.1 Report the following information:

- 10.1.1 Number of specimens in each subset,
- 10.1.2 Average air voids of each subset,
- 10.1.3 Average degree of saturation after partial saturation and after moisture conditioning,
- 10.1.4 Average swell after partial saturation and after moisture conditioning,
- 10.1.5 Tensile strength of each specimen in each subset,
- 10.1.6 Tensile strength ratio,
- 10.1.7 Results of visually-estimated moisture damage observed when the specimen fractures, and
- 10.1.8 Results of observations of fractured or crushed aggregate.

Note 6—If the conditioning procedure described in Note 5 is used, that it should be included in the report.

11. Precision and Bias

11.1 *Precision*—The standard deviations for use with this test method have been determined using laboratory-mixed specimens conditioned in accordance with 8.7. Neither plant-derived material nor the conditioning in Note 5 has been studied.

Nineteen laboratories participated in the precision study by testing five asphalt concrete mixtures, two of which contained a liquid antistripping additive.

11.1.1 *Within-Laboratory Precision*—The single-operator standard deviation of tensile strength for either dry or moisture-conditioned specimens has been found to be 55 kPa (8 psi). The d2s limit for the maximum allowable difference in tensile strength between duplicate specimens of the same mixture tested by the same operator is 159 kPa (23 psi).

11.1.2 *Between-Laboratory Precision*—The multilaboratory standard deviation of the tensile-strength ratio has been found to be 8 %. The d2s limit for the maximum allowable difference in tensile-strength ratio between results of tests performed on samples of the same mixture by two different laboratories is 23 %.

11.2 *Bias*—This test method has an undetermined bias because the value of a tensile-strength ratio can be defined only in terms of the test method.

12. Keywords

12.1 antistripping additives; asphalt concrete paving mixtures; moisture; tensile strength; water

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. MOISTURE DAMAGE LABORATORY DATA SHEET

Princt								
Additive			Dosage					
Preaction Method			Effort					
	Date Tested						By	
Sample I.D.								
Thickness, mm (in.)	D							
Thickness, mm (in.)	t							
Dry mass in air	A							
SD mass	B							
Mass in water	C							
Volume (B-C)	E							
Air Sp. Gr. (A/E)	F							
Max Sp. Gr.	G							
AirVoid (100(G-F)/G)	H							
Volume AirVoid, HE/100	I							
Mod. N (lb/f)	P							
Saturated	min.	@	kPa or mm Hg (in. Hg)					
SD Mass	B							
Mass in water	C							
Volume (B-C)	E							
Abs. water (B-A)	J							
Saturation (100J/I)								
Swell (100(E-E)/E)								
Conditioned 24 h in 140°F water								
Thickness, mm (in.)	t							
SD Mass	B							
Mass in water	C							
Volume (B-C)	E							
Abs. Water (B-A)	J							
Saturation, (100J/I)								
Swell, 100(E-E)/E								
Mod. N (lb/f)	P							
Dry Strength, 2000 P ₁ T ₁ D (2P ₁ T ₁ D)	S _d							
Wet Strength, 2000 P ₁ T ₁ D (2P ₁ T ₁ D)	S _w							
TSR, 100S _w /S _d								
Visual Moisture Damage								
Crack/Break Aggregate								

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

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

ANEXO C

Calidad del asfalto PEN 60/70

Calidad del asfalto PEN 120/150



TIFICACION DE CEMENTO ASFALTICO

60/70-001-10-2005

REFINERIA LA PAMPILLA

RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

FECHA DE CERTIFICACION

08/10/2005 04:36:12 a.m.

11/10/2005 03:01:09 p.m.

PRODUCTO

TANQUE

DESTINO DEL PRODUCTO

Cemento Asfáltico 60/70

39T331B

raciones de De achos

PROCEDENCIA

VOLUMEN CERTIFICADO, m³

BUQUE TANQUE

Almacenamiento

1486

PROPIEDADES

MÉTODOS

RESULTADOS

ASTM/AASHTO

ENETRACION

netración 25 °C, 100 . 5 s, 0.1 mm

D 5 / T49

68

CTILIDAD

idad 25°C, 5 cm/min, cm

D 113 / T 51

125

OLATILIDAD

de Inflamación, °C

D 92 / T 48

298

ravedad Es ífica 15.6 °C

D 70 / T 228

1 0200

OLUBILIDAD

olubilidad en Tricloroetileno, %

D 2042 / T 44

99.96

SAYO DE PELICULA FINA, 3.2 mm, 163 °C, 5 h

D 1754 / T 179

érdida r calentamiento, % m

D 1754 / T 179

0.24

enetración retenida, 100 . 5 s, 0.1 mm, % del ori inal

D 5 / T49

64.7

ilidad del residuo 25°C 5 cm/min, cm

D 113 / T 51

83.7

TROS

nsa o de la mancha S ot Test

T 102

25% xileno, ne alivo

RVACIONES:

Producto cumple con las normas : ASTM, AASHTO y NTP

UCION

FECHA DE EMISION

LABORATORIO

1 : Operaciones de Despacho
1 : Movimiento de Productos
2 : Laboratorio

11/10/2005


EDITH NAVARRO C.
Supervisora Laboratorio

A 1 DE 1

DOC-AS-10.01

PROHIBIDO SU REPRODUCCION PARCIAL

INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SÓLIDO 120/150 PEN)

N° GEOC-LAB-0497-2006

FECHA DE REPORTE 06.03.2006	FECHA DE RECEPCION 05.03.2006	CÓDIGO DE MUESTRA 01717
HORA DE RECEPCION 14:15 HORAS	PROCEDENCIA UNIDAD DE OPERACIONES	BUQUE/TANQUE
TANQUE DE TIERRA 33	VOLUMEN CERTIFICADO	DESTINO: PLANTA DE VENTAS

PROPIEDADES	METODO ASTM	OTRO METODO	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
				MIN.	MAX.
PENETRACION:					
a 10°C. 100 gr. 5 seg.	D 5				
a 25°C. 100 gr. 5 seg.	D 5		124	120	150
a 30°C. 100 gr. 5 seg.	D 5				
DUCTILIDAD:					
a 25°C. 5 cm/min. cm	D 113		>150	100	
FLUIDEZ:					
- Viscosidad Cinemática a 100°C. cSt	D 2170		1860	Reportar	
- Viscosidad Cinemática a 135°C. cSt	D 2170		260	140	
- Viscosidad Absoluta a 60°C. Poises	D 2171			Reportar	
COMPOSICION:					
Contenido de Parafinas. % Masa		UOP 46		Reportar	
SOLUBILIDAD:					
Solubilidad en Tricloroetileno. % Masa	D 2042		99,7	99	
Prueba de la Mancha. 10 % Xileno		T 102		Reportar	
VOLATILIDAD:					
Punto de Inflamación, C O C, °C	D 92		281	218	
DENSIDAD:					
Gravedad API	D 70		8,8	Reportar	
Gravedad Especifica a 60/60°F	D 70		1,009	Reportar	
SUSCEPTIBILIDAD TERMICA:					
Punto de Fractura FRAAS		IP 80/87		Reportar	
Punto de Ablandamiento. °C	D 36		43,6	Reportar	
Indice de Penetración		PFEIFFER-V D	-0,5	-1	1
Indice de Suceptibilidad Térmica		FRANCES RBL		-1	1
Efecto de Calor y Aire (Película Fina):	D 1754				
- Pérdida por calentamiento. % Masa			0,83		1.3
- Penetración Retenida. % de la Original			52	46	
- Ductilidad a 25°C. 5 cm/min. cm	D 113		131	100	
ADHERENCIA:					
Revestimiento y Desprendimiento. %	D 3625		> 95	Reportar	

OBSERVACIONES: PRODUCTO EN ESPECIFICACIÓN
 La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre 132 y 148°C
 Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.

ELABORADO POR:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

CLIENTE

LABORATORIO

ARCHIVO

HUGO CORTEZ SANCHEZ

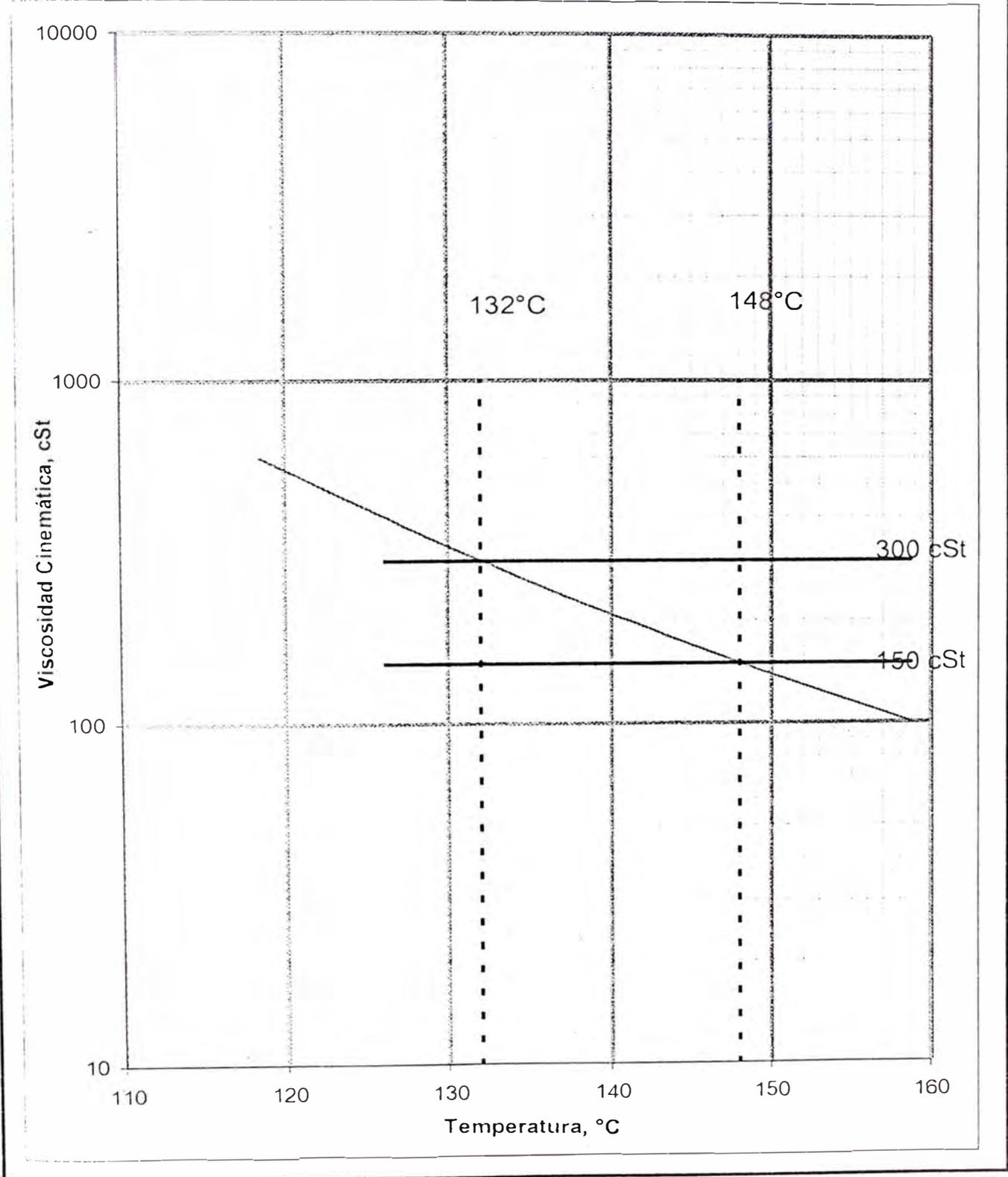
VIRGILIO PUMAPILLO S.
 Ficha 54377

JOSÉ M. SÁNCHEZ GUINTANA
 Jefe Unidad Laboratorio
 Ficha N° 02809

F-OCLAB-PT-16 01

N° Ficha PETROPERÚ, MEJORANDO LA CALIDAD DE VIDA™

Carta Viscosidad - Temperatura ASTM D 341
Rango de Temperatura Optima de Mezcla
TQ. 33 - C. A. 120 / 150 PEN. - 05.03.2006 - 14:15 horas



ANEXO D

Reportes de ensayos de Laboratorio

ANEXO D-1

Análisis granulométrico por tamizado



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACIÓN : Carretera Central Km. 14 + 800 Santa Clara
 FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

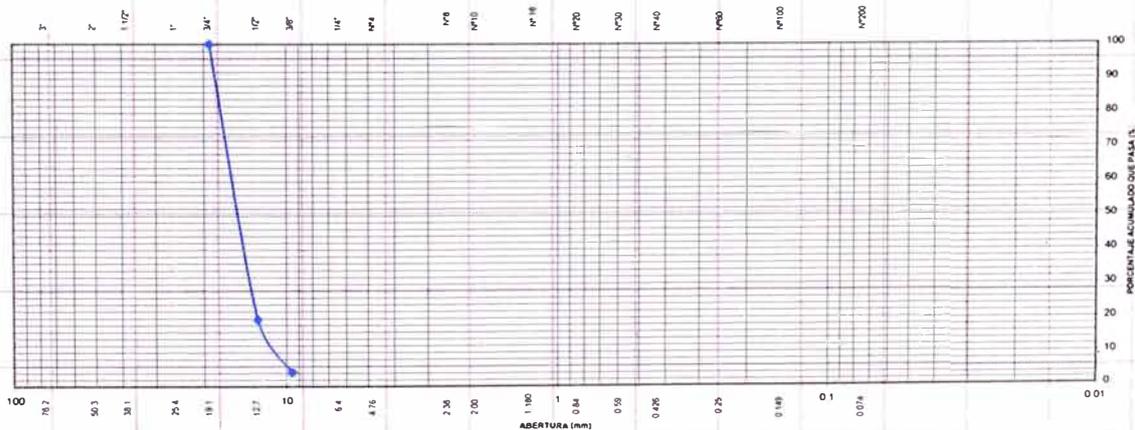
Cantera : La Gloria
 Muestra : m-1 Piedra chancad 3/4"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C136

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial	(% Reten	
			Reten	Pasa
3"	76.200	-	-	-
2"	50.300	-	-	-
1 1/2"	38.100	-	-	-
1"	25.400	-	-	-
3/4"	19.050	-	-	100.0
1/2"	12.700	80.3	80.3	19.7
3/8"	9.525	15.5	95.8	4.2
1/4"	6.350	4.2	100.0	-
N°4	4.760	-	-	-
N°8	2.360	-	-	-
N°30	0.590	-	-	-
N°50	0.250	-	-	-
N°100	0.149	-	-	-
N°200	0.074	-	-	-
- N°200	-	-	-	-

% grava	: 100.0
% arena	: ----
% finos	: ----

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : N. Noreña V
 Revisión : W. Gutierrez L.

Luis G. H. J.
LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

Jose W. G. L.
 VºBº **JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES**
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACION : Carretera Central Km. 14 + 800 Santa Clara
 FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

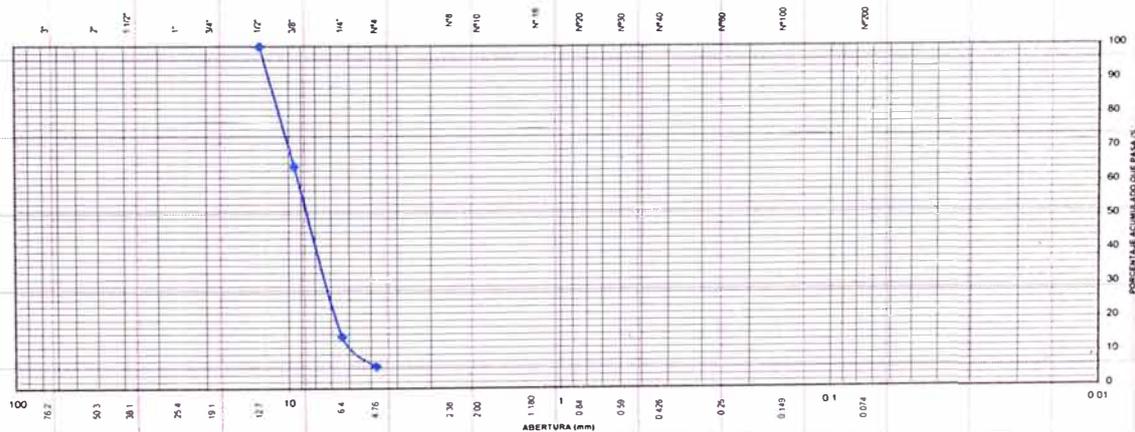
Cantera : La Gloria
 Muestra : m-1A Piedra chancad 1/2"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C136

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial	(% Reten		Pasa
			Reten	Pasa	
3"	76.200	-	-		
2"	50.300	-	-		
1 1/2"	38.100	-	-		
1"	25.400	-	-		
3/4"	19.050	-	-		
1/2"	12.700	-	-	100.0	
3/8"	9.525	34.9	34.9	65.1	
1/4"	6.350	49.9	84.8	15.2	
N°4	4.760	8.8	93.6	6.4	
N°8	2.360	6.4	100.0		
N°30	0.590	-	-		
N°50	0.250	-	-		
N°100	0.149	-	-		
N°200	0.074	-	-		
- N°200		-	-		

% grava	: 93.6
% arena	: 6.4
% finos	: ----

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : N. Noreña V.
 Revisión : W. Gutierrez L.

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B° **JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES**
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACIÓN : Carretera Central Km. 14 + 800 Santa Clara
 FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

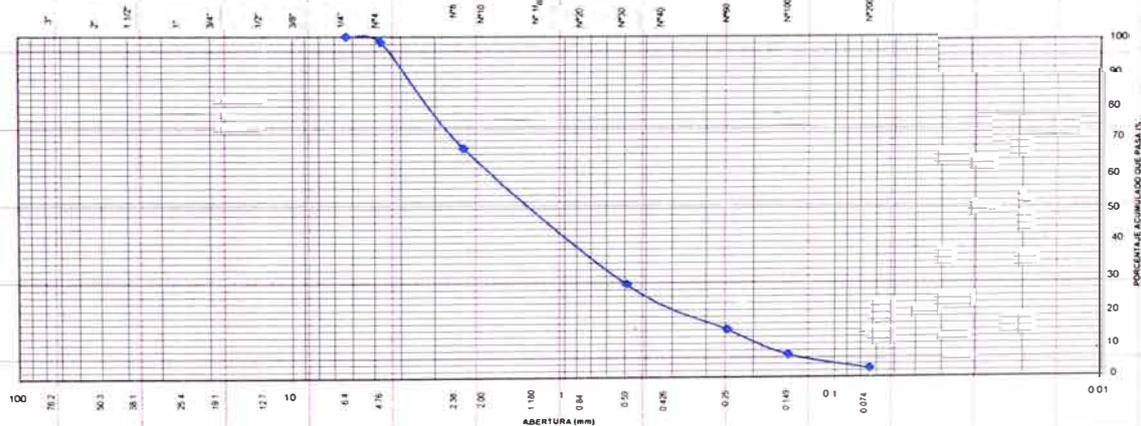
Cantera : La Gloria
 Muestra : m-2 Arena Chancada

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C136

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial	(% Reten Pasa	
			Reten	Pasa
3"	76.200	-	-	-
2"	50.300	-	-	-
1 1/2"	38.100	-	-	-
1"	25.400	-	-	-
3/4"	19.050	-	-	-
1/2"	12.700	-	-	-
3/8"	9.525	-	-	-
1/4"	6.350	-	-	100.0
N°4	4.760	1.5	1.5	98.5
N°8	2.360	31.0	32.5	67.5
N°30	0.590	40.1	72.6	27.4
N°50	0.250	13.3	85.9	14.1
N°100	0.149	7.4	93.3	6.7
N°200	0.074	4.1	97.4	2.6
- N°200		2.6		

% grava	: 1.5
% arena	: 95.9
% finos	: 2.6

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : N. Noreña V.
 Revisión : W. Gutierrez L.

LUIS GONZALES HUAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B° **JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES**
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACION : Carretera Central Km. 14 + 800 Santa Clara
 FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

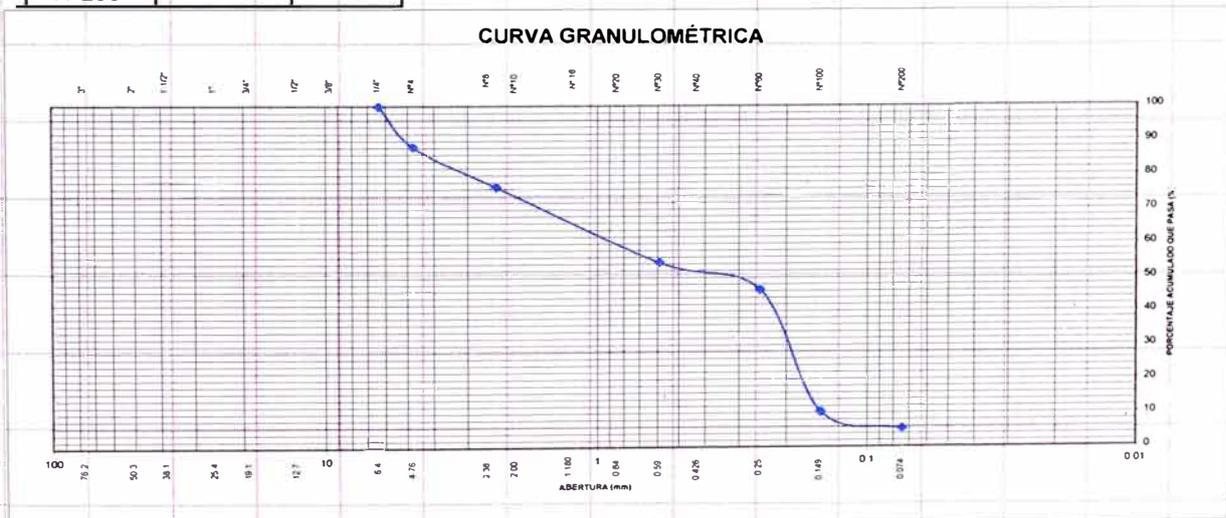
Cantera : Carapongo
 Muestra : m-3 Arena Natural Lavada

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C136

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial	(% Reten Pasa	
			Reten	Pasa
3"	76.200	-	-	-
2"	50.300	-	-	-
1 1/2"	38.100	-	-	-
1"	25.400	-	-	-
3/4"	19.050	-	-	-
1/2"	12.700	-	-	-
3/8"	9.525	-	-	-
1/4"	6.350	-	-	100.0
N°4	4.760	11.7	11.7	88.3
N°8	2.360	11.8	23.5	76.5
N°30	0.590	22.2	45.7	54.3
N°50	0.250	8.1	53.8	46.2
N°100	0.149	35.9	89.7	10.3
N°200	0.074	5.0	94.7	5.3
- N°200		5.3		

% grava	: 11.7
% arena	: 83.0
% finos	: 5.3

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : N. Noreña V.
 Revisión : W. Gutierrez L.

LUIS GONZALES HAJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACION : Carretera Central Km. 14 + 800 Santa Clara
 FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

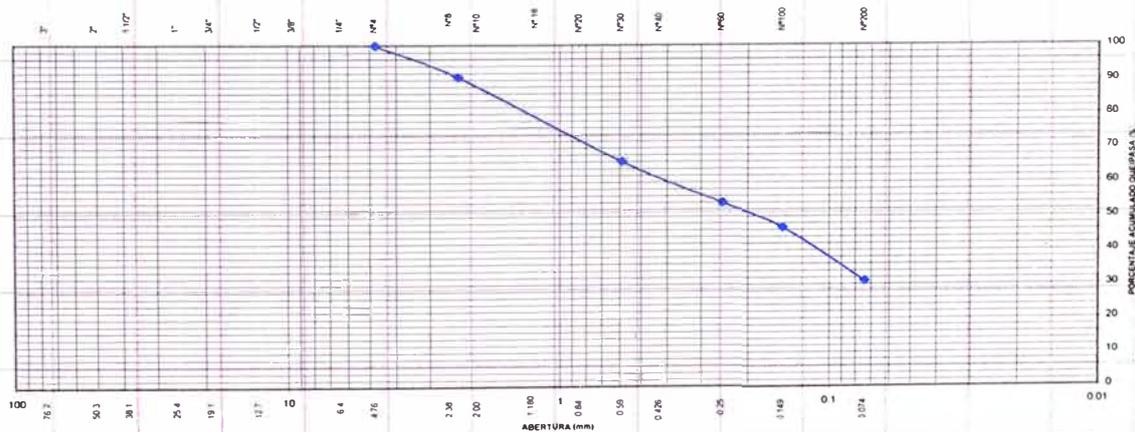
Cantera : La Gloria
 Muestra : m- Arena con finos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C136

Tamiz	Abertura (mm)	(%)		
		Parcial	Reten	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	
1"	25.400	-	-	
3/4"	19.050	-	-	
1/2"	12.700	-	-	
3/8"	9.525	-	-	
1/4"	6.350	-	-	
N°4	4.760	-	-	100.0
N°8	2.360	9.2	9.2	90.8
N°30	0.590	24.7	33.9	66.1
N°50	0.250	12.1	46.0	54.0
N°100	0.149	7.4	53.4	46.6
N°200	0.074	15.7	69.1	30.9
- N°200		30.9		

% grava	: -----
% arena	: 69.1
% finos	: 30.9

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : N. Noreña V.
 Revisión : W. Gutierrez L.

Luiz Gonzales Hajar
LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

Jose Wilfredo Gutierrez Lazares
JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

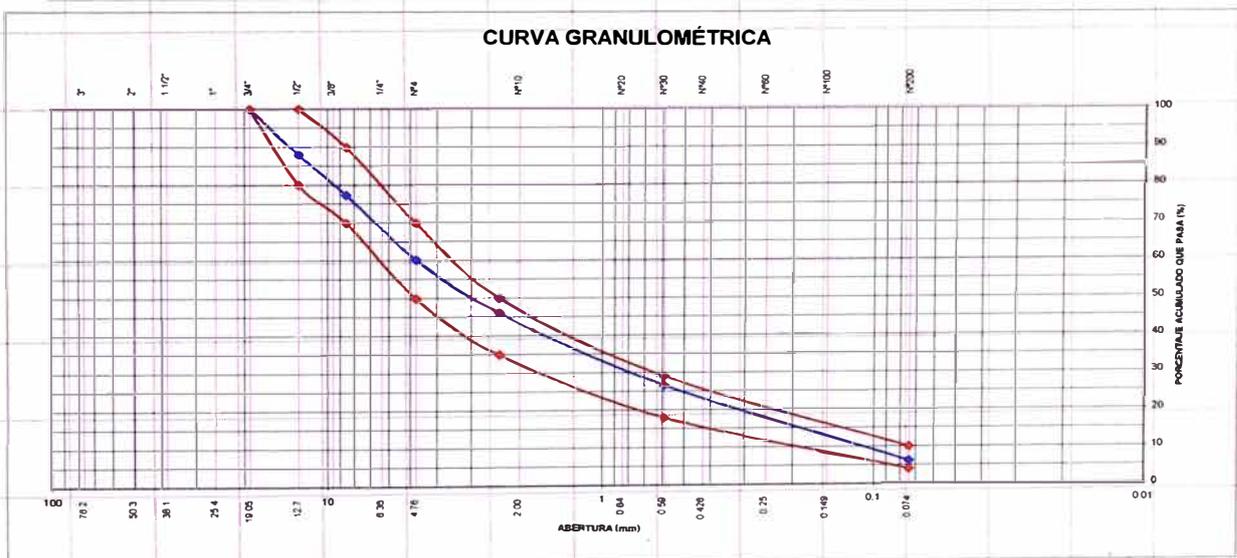
SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACION : Carretera Central Km. 14 + 800 Santa Clara
 FECHA : 20, Julio del 2008

COMBINACION DE AGREGADOS PARA ASFALTO

DATOS DE LA MUESTRA		
MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- PIEDRA CHANCADA 3/4"	17.0%	CANTERA LA GLORIA
M-1A.- PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	24.0%	CANTERA LA GLORIA
M-2 ARENA CHANCADA	32.0%	CANTERA LA GLORIA
M-3.- ARENA LAVADA	12.0%	CANTERA CARAPONGO
M-4.- ARENA FINA	15.0%	CANTERA LA GLORIA

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Acumulado						ESPECIFICACION	
		M-1	M1A	M-2	M-3	M-4	COMB	IV-b	
3/4"	19.050	100.0					100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	19.7	100.0				88.0	80.0	100.0
3/8"	9.525	4.2	65.1	100.0	100.0		77.3	70.0	90.0
1/4"	6.350								
N°4	4.760		6.4	98.5	88.3	100.0	60.3	50.0	70.0
N°8	2.360			67.5	76.5	90.8	46.0	35.0	50.0
N°30	0.590			27.4	54.3	66.1	26.6	18.0	29.0
N°50	0.300			14.1	46.2	54.0	19.4	13.0	23.0
N°100	0.149			6.7	10.3	43.3	10.1	8.0	16.0
N°200	0.074			2.6	5.3	30.9	6.2	4.0	10.0
< N°200									

CURVA GRANULOMÉTRICA



[Signature]
LUIS GONZALES HUAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

[Signature]
 VºBº **JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES**
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
 FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

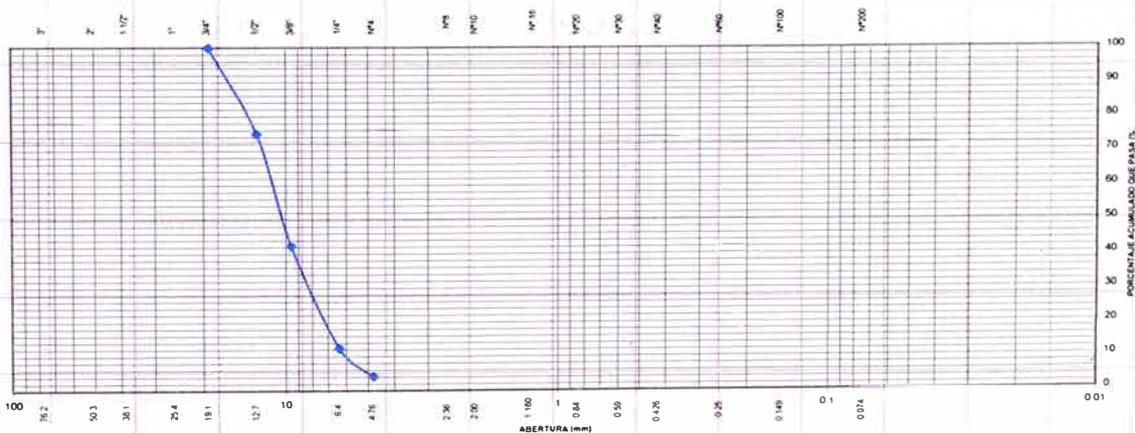
Cantera : río Huaura
 Muestra : M-1 Piedra chancad 3/4"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C136

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial	(% Reten Pasa	
			Reten	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	
1"	25.400	-	-	
3/4"	19.050	-	-	100.0
1/2"	12.700	25.1	25.1	74.9
3/8"	9.525	32.6	57.7	42.3
1/4"	6.350	29.9	87.6	12.4
N°4	4.760	8.2	95.8	4.2
N°8	2.360	4.2	100.0	
N°30	0.590	-	-	
N°50	0.250	-	-	
N°100	0.149	-	-	
N°200	0.074	-	-	
- N°200		-	-	

% grava	:	95.8
% arena	:	4.2
% finos	:	----

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : N. Noreña V
 Revisión : W. Gutierrez L.

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecanica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecanica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
UBICACION : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

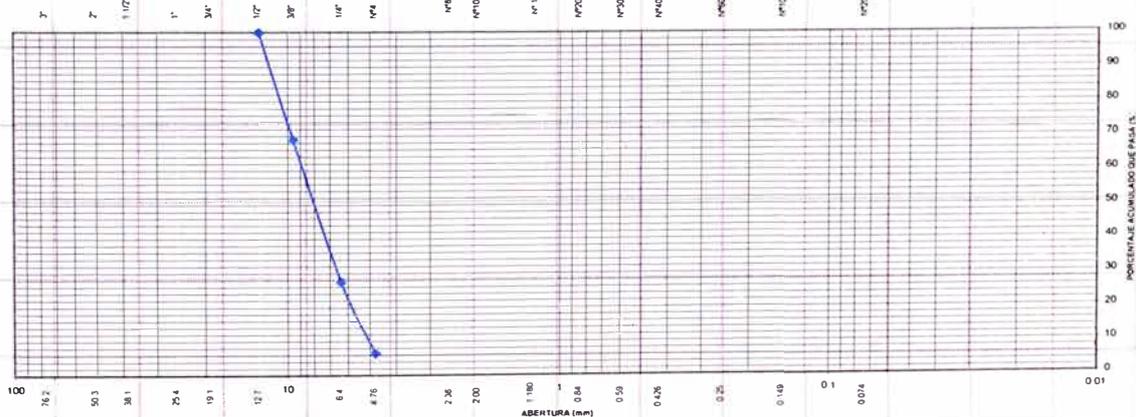
Cantera : río Huaura
Muestra : M-1A Piedra chancad 1/2"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C136

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial	(% Reten Pasa	
			Reten	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	
1"	25.400	-	-	
3/4"	19.050	-	-	
1/2"	12.700	-	-	100.0
3/8"	9.525	31.1	31.1	68.9
1/4"	6.350	41.6	72.7	27.3
N°4	4.760	20.9	93.6	6.4
N°8	2.360	6.4	100.0	
N°30	0.590	-	-	
N°50	0.250	-	-	
N°100	0.149	-	-	
N°200	0.074	-	-	
- N°200		-	-	

% grava	:	93.6
% arena	:	6.4
% finos	:	----

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : N. Noreña V.
Revisión : W. Gutierrez L.

LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACION : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
 FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

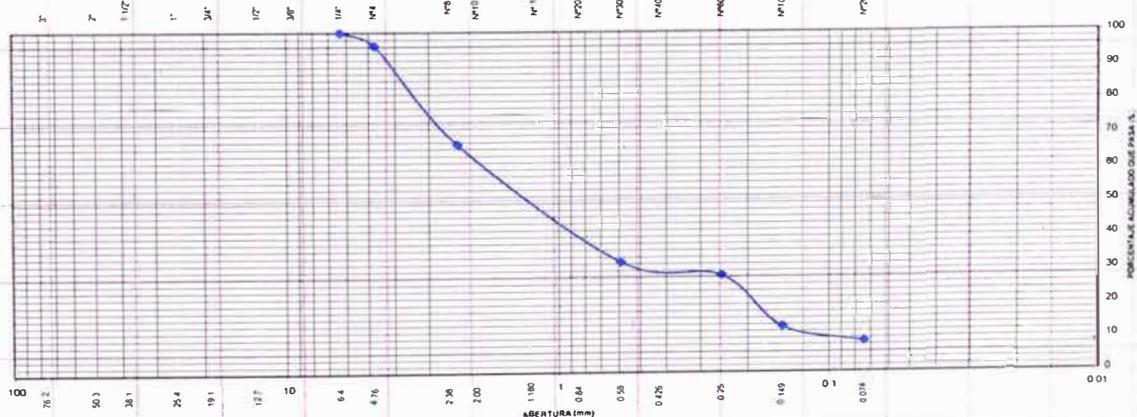
Cantera : rio Huaura
 Muestra : M-2 Arena chancada

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C136

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial	(%)	
			Reten	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	
1"	25.400	-	-	
3/4"	19.050	-	-	
1/2"	12.700	-	-	
3/8"	9.525	-	-	
1/4"	6.350	-	-	100.0
N°4	4.760	3.8	3.8	96.2
N°8	2.360	28.8	32.6	67.4
N°30	0.590	34.9	67.5	32.5
N°50	0.250	3.9	71.4	28.6
N°100	0.149	15.2	86.6	13.4
N°200	0.074	4.3	90.9	9.1
- N°200		9.1		

% grava	3.8
% arena	87.1
% finos	9.1

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : N. Noreña V
 Revisión : W. Gutierrez L.

LUIS GONZALES HIJAR
 ING RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecanica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecanica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
 FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

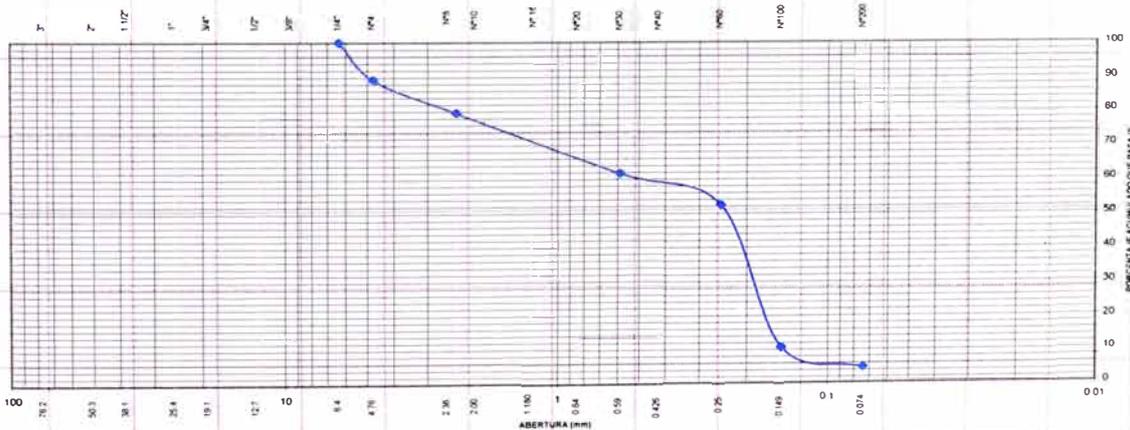
Cantera : río Huaura
 Muestra : M-3 Arena natural lavada

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C136

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial	(% Reten	
			Reten	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	
1"	25.400	-	-	
3/4"	19.050	-	-	
1/2"	12.700	-	-	
3/8"	9.525	-	-	
1/4"	6.350	-	-	100.0
N°4	4.760	10.9	10.9	89.1
N°8	2.360	9.5	20.4	79.6
N°30	0.590	17.8	38.2	61.8
N°50	0.250	9.3	47.5	52.5
N°100	0.149	41.8	89.3	10.7
N°200	0.074	5.9	95.2	4.8
- N°200		4.8		

% grava	: 10.9
% arena	: 84.3
% finos	: 4.8

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : N. Noreña V.
 Revisión : W. Gutierrez L.

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Traccion Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACION : Panamerica Norte Km. 271 +500
 FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

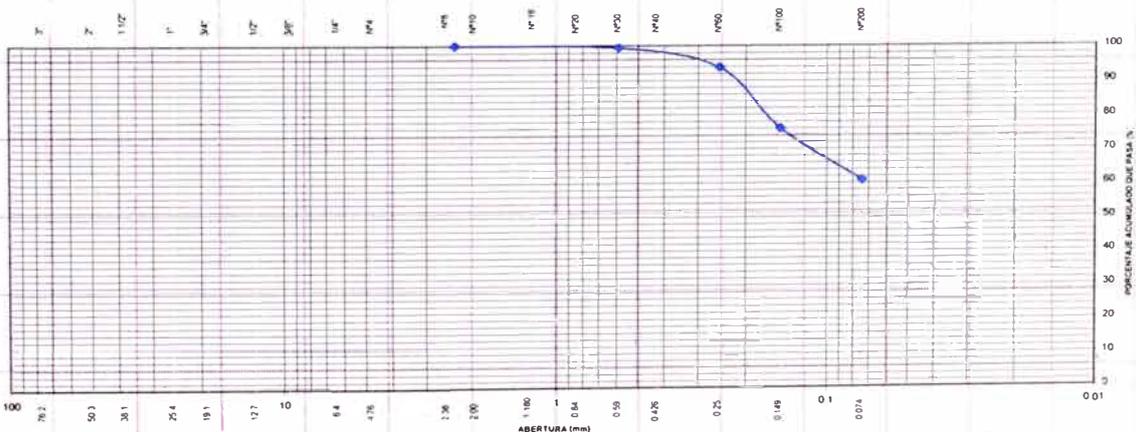
Cantera : las Zorras
 Muestra : M-4 finos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C136

Tamiz	Abertura (mm)	(% Parcial	(% Reten Pasa	
			Reten	Pasa
3"	76.200	-	-	-
2"	50.300	-	-	-
1 1/2"	38.100	-	-	-
1"	25.400	-	-	-
3/4"	19.050	-	-	-
1/2"	12.700	-	-	-
3/8"	9.525	-	-	-
1/4"	6.350	-	-	-
N°4	4.760	-	-	-
N°8	2.360	-	-	100.0
N°30	0.590	0.6	0.6	99.4
N°50	0.250	5.7	6.3	93.7
N°100	0.149	17.9	24.2	75.8
N°200	0.074	15.2	39.4	60.6
- N°200		60.6		

% grava	: -----
% arena	: 39.4
% finos	: 60.6

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : N Noreña V
 Revisión : W. Gutierrez L.

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecanica de Suelos UNI

v°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecanica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 554

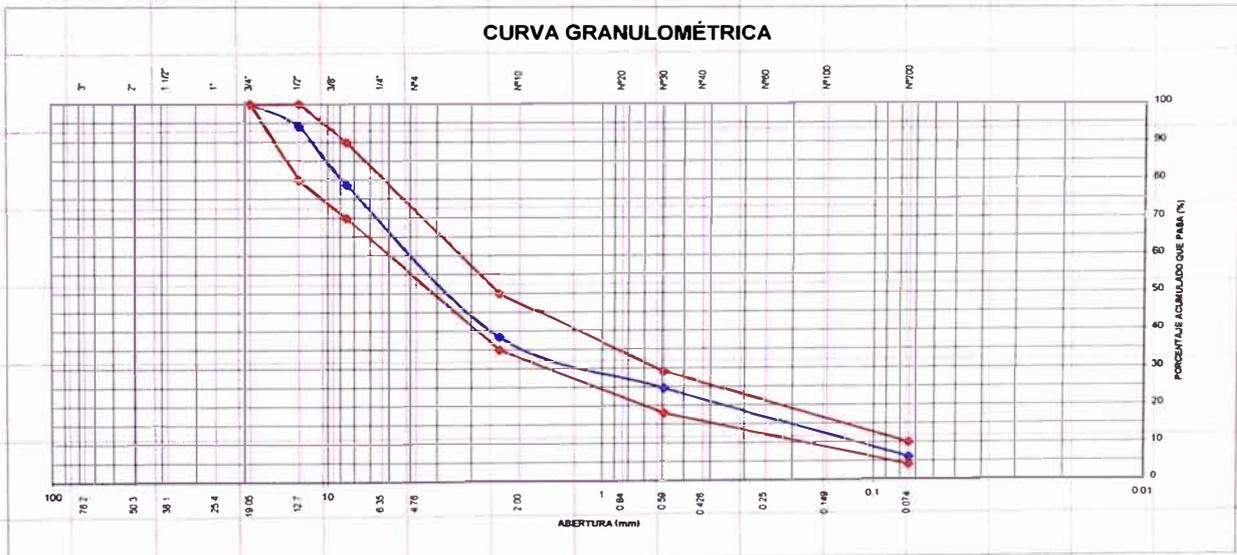
SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
 PROYECTO : Tesis "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
 FECHA : 20, Julio del 2008

COMBINACION DE AGREGADOS PARA ASFALTO

DATOS DE LA MUESTRA		
MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- PIEDRA CHANCADA 3/4"	24.0%	CANtera RIO HUAURA
M-1A.- PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	24.0%	CANtera RIO HUAURA
M-2 ARENA CHANCADA	31.0%	CANtera RIO HUAURA
M-3.- ARENA LAVADA	17.0%	CANtera RIO HUAURA
M-4.- FINOS LAS ZORRAS	4.0%	CANtera LAS ZORRAS

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Acumulado					COMB	ESPECIFICACION	
		M-1	M1A	M-2	M-3	M-4		IV-b	
3/4"	19.050	100.0					100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	74.9	100.0				94.0	80.0	100.0
3/8"	9.525	42.3	68.9	100.0	100.0		78.7	70.0	90.0
N°4	4.760	4.2	6.4	96.2	89.1		51.5	50.0	70.0
N°8	2.360			67.4	79.6	100.0	38.4	35.0	50.0
N°30	0.590			32.5	61.8	99.4	24.6	18.0	29.0
N°50	0.300			28.6	52.5	93.7	21.5	13.0	23.0
N°100	0.149			13.4	10.7	75.8	9.0	8.0	16.0
N°200	0.074			9.1	4.8	60.6	6.1	4.0	10.0
< N°200									

CURVA GRANULOMÉTRICA



LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

ANEXO D-2

Ensayos de calidad de los agregados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. ENSAYO DE ABRASION MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C 131

CANTERA : La Gloria
AGREGADO : m-1 Piedra Chancada 3/4"

Gradación : "B"
Revoluciones : 500
Desgaste : 13.2%

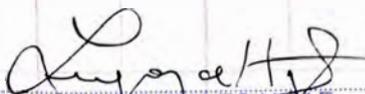
II. ENSAYO DE ABRASION MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C 131

CANTERA : La Gloria
AGREGADO : m-1A Piedra Chancada 1/2"

Gradación : "C"
Revoluciones : 500
Desgaste : 12.3%

Ejecución : N. Noreña Valverde

Revisión : Ing. L. Gonzales H.


LUIS GONZALES H. JAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C29

CANTERA : La Gloria
Muestra : m-1 Piedra Chancada 3/4"

Peso Unitario Suelto (kg/m³) : 1.484
Peso Unitario Varillado (Kg/m³) : 1.649

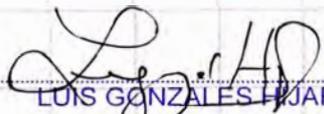
II. ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C29

CANTERA : La Gloria
Muestra : m-1A Piedra Chancada 1/2"

Peso Unitario Suelto (kg/m³) : 1,465
Peso Unitario Varillado (Kg/m³) : 1,604

Ejecución : Téc. Julio Chavez U.

Revisión : Nithson Noreña V.


LUIS GONZALES HJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : La Gloria
Muestra : m-1 Piedra Chancada 3/4"

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ATM C 127

Peso Específico Bulk (Base Seca) : 2.751
Peso Específico Bulk (Base Saturada) : 2.773
Peso Específico Aparente (Base Seca) : 2.812
Absorción (%) : 0.79

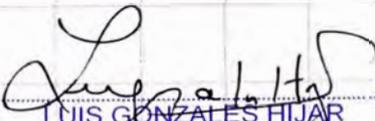
CANTERA : La Gloria
Muestra : m-1A Piedra Chancada 1/2"

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ATM C 127

Peso Específico Bulk (Base Seca) : 2.736
Peso Específico Bulk (Base Saturada) : 2.764
Peso Específico Aparente (Base Seca) : 2.808
Absorción (%) : 0.83

Ejecución : Téc. Julio Chavez U.

Revisión : Nilthson Noreña V.


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE ÁREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : La Gloria
Muestra : m-1 Piedra Chancada 3/4"

ENSAYO DE PARTÍCULAS FRIABLES Y GRUMOS DE ARCILLA ASTM C142

Agregado : Grueso
Partículas Friables y Grumos de Arcilla (%) : 0.046

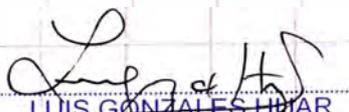
CANTERA : La Gloria
Muestra : m-1A Piedra Chancada 1/2"

ENSAYO DE PARTÍCULAS FRIABLES Y GRUMOS DE ARCILLA ASTM C142

Agregado : Grueso
Partículas Friables y Grumos de Arcilla (%) : 0.067

Ejecución : Téc. Julio Chavez U.

Revisión : Nithson Noreña V.


LUIS GONZALES HUAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

vºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

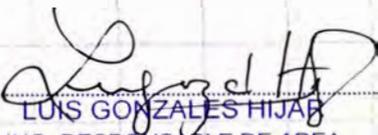
I.- ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO MTC E210

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : m-1 Piedra Chancada 3/4"

Partículas con una cara fracturada (%) : 100.0
Partículas con dos o mas caras fracturadas (%) : 97.5
Determinación de porcentaje : en peso

Ejecución : Téc. Julio Chavez U.

Revisión : Nilthson Noreña V.


LUIS GONZALES HIJA

ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfalticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS NORMA MTC - E221

CANTERA : La Gloria
Muestra : m-1 Piedra Chancada 3/4"

INDICE DE APLANAMIENTO (%) : 12

Tamiz		Total Particulas		Particulas Planas		Indice Aplanamiento Fracción (%)	Granulometria (%) retenido	Indice Aplanamiento corregido (%)
Pasa	Retiene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°			
2 1/2"	2"	-		-		-	-	-
2"	1 1/2"	-		-		-	-	-
1 1/2"	1"	-		-		-	-	-
1"	3/4"	-		-		-	4.6	5
3/4"	1/2"	1089.4		72.3		7	77.7	5
1/2"	3/8"	658.3		23.0		3	15.3	1
3/8"	1/4"	-		-		-	2.4	1
TOTALES							100.0	12

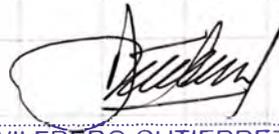
INDICE DE ALARGAMIENTO (%) : 14

Tamiz		Total Particulas		Particulas Alargadas		Indice Alargamiento Fracción (%)	Gradación original (%)	Indice Alargamiento o corregido (%)
Pasa	Retiene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°			
2 1/2"	2"	-		-		-	-	-
2"	1 1/2"	-		-		-	-	-
1 1/2"	1"	-		-		-	-	-
1"	3/4"	-		-		-	4.6	6
3/4"	1/2"	1089.4		83.0		8	77.7	6
1/2"	3/8"	658.3		25.4		4	15.3	1
3/8"	1/4"	-		-		-	2.4	1
TOTALES							100.0	14

Ejecución : Téc Julio Chavez U
 Revisión : Nilthson Noreña V.


LUIS GONZALES HUAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 20, Julio del 2008

ENSAYO DE DURABILIDAD CON SULFATO DE SODIO ASTM C-88

CANTERA : La Gloria
Muestra : Agregado fino : m-2 Arena Chancada + m-3 Arena natural lavada

AGREGADO FINO - ANÁLISIS CUANTITATIVO

Pérdidas (%) : 4.105

Tamaño	Peso Requerido (gr.)	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Pérdidas		Gradación Original (%)	Pérdidas Corregidas (%)
				Peso (gr)	(%)		
3/8" a N°4	100	-	-	-	-	-	-
N°4 a N°8	100	100.0	94.9	5.1	5.1	25.4	1.295
N°8 a N°16	100	100.0	95.2	4.8	4.8	21.2	1.018
N°16 a N°30	100	100.0	93.50	6.5	6.5	16.5	1.073
N°30 a N°50	100	100.0	93.80	6.2	6.2	11.6	0.719
N°50 a N°100	-	-	-	-	-	8.8	
pasa N° 100	-	-	-	-	-	16.5	
TOTALES						100.0	4.105

Ejecución : N. Noreña V.
 Revisión : Ing. L. Gonzales H.

LUIS GONZALES HIJAS
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº: JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria
Muestra : m-1 Piedra Chancada 3/4" + m-1A Piedra Chancada 1/2"

I. ENSAYO DE DURABILIDAD CON SULFATO DE SODIO ASTM C-88

AGREGADO GRUESO

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL AGREGADO GRUESO

Pérdidas (%) : 1.051

N°	Tamaño	%	Peso Requerido (gr.)	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.)	Pérdidas		Gradación Original (%)	Pérdidas Corregidas (%)
						Peso (gr)	(%)		
1	2 1/2" a 1 1/2"		5000 ± 500	-				-	
	2 1/2" a 2"	60	3000 ± 300	-				-	
	2" a 1 1/2"	40	2000 ± 200	-				-	
2	1 1/2" a 3/4"		1500 ± 50	-				-	
	1 1/2" a 1"	67	1000 ± 50	-				-	
	1" a 3/4"	33	500 ± 30	-				-	
3	3/4" a 3/8"		1000 ± 10	-				-	
	3/4" a 1/2"	67	670 ± 10	671.9	667.0	4.9	0.73	70.6	0.515
	1/2" a 3/8"	33	330 ± 5	330.9	325.2	5.7	1.72	22.7	0.391
4	3/8" a N°4		300 ± 5	300.2	293.7	6.5	2.17	6.7	0.145
TOTALES								100.0	1.051

II. ENSAYO DE DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO ASTM C-88

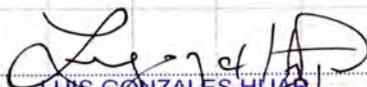
AGREGADO GRUESO

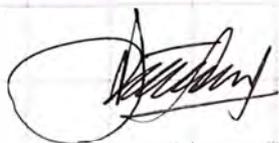
ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL AGREGADO GRUESO

Pérdidas (%) : 2.126

N°	Tamaño	%	Peso Requerido (gr.)	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.)	Pérdidas		Gradación (%)	Pérdidas (%)
						Peso (gr)	(%)		
1	2 1/2" a 1 1/2"		5000 ± 500	-				-	
	2 1/2" a 2"	60	3000 ± 300	-				-	
	2" a 1 1/2"	40	2000 ± 200	-				-	
2	1 1/2" a 3/4"		1500 ± 50	-				-	
	1 1/2" a 1"	67	1000 ± 50	-				-	
	1" a 3/4"	33	500 ± 30	-				-	
3	3/4" a 3/8"		1000 ± 10	-				-	
	3/4" a 1/2"	67	670 ± 10	670.1	660.2	9.9	1.48	70.6	1.043
	1/2" a 3/8"	33	330 ± 5	330.4	318.7	11.7	3.54	22.7	0.804
4	3/8" a N°4		300 ± 5	300.5	288.0	12.5	4.16	6.7	0.279
TOTALES								100.0	2.126

Ejecución : N. Noreña Valverde
Revisión : Ing. W. Gutierrez Lazares


LUIS GONZALES HUAN
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI


 VºBº **JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES**
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : Agregado Fino: Arena con finos

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ATM C 127

Peso Específico Bulk (Base Seca)	:	2.758
Peso Específico Bulk (Base Saturada)	:	2.788
Peso Específico Aparente (Base Seca)	:	2.843
Absorción (%)	:	1.08

Ejecución : N. Noreña V.

Revisión : Ing. L. Gonzales H.


LUIS GONZALES HAJAR

ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : La Gloria
Muestra : Agregado Fino m-2 Arena chancada

I. ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS ASTM C 40

Agregado : Fino
Placa Orgánica N° : " 1"

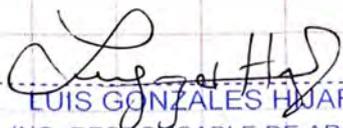
CANTERA : Carapongo
Muestra : Agregado Fino m-3 Arena natural

II. ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS ASTM C 40

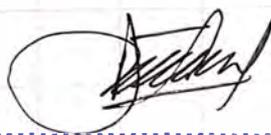
Agregado : Fino
Placa Orgánica N° : " 1"

Ejecución : N. Noreña V.

Revisión : Ing. L. Gonzales H


LUIS GONZALES HJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


JOSÉ WILFREDO GUTIÉRREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : La Gloria
Muestra : m-2 Arena chancada

ENSAYO DE EQUIVALENTE ARENA MTC E114

Agregado : Fino
Equivalente Arena (%) : 80.1

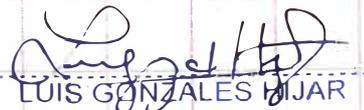
CANTERA : Carapongo
Muestra : m-3 Arena natural

ENSAYO DE EQUIVALENTE ARENA MTC E114

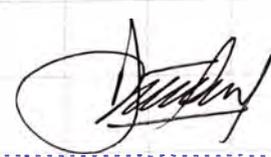
Agregado : Fino
Equivalente Arena (%) : 88.7

Ejecución : N. Noreña V.

Revisión : Ing. L. Gonzales H


LUIS GONZALES HAJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfalticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : La Gloria
Muestra : Agregado Fino
m-2 Arena Chancada

I. ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C29

Peso Unitario Suelto (kg/m³) : 1.557
Peso Unitario Varillado (Kg/m³) : 1.658

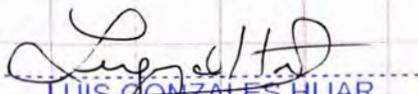
CANTERA : Carapongo
Muestra : Agregado Fino
m-3 Arena narural lavada

II. ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C29

Peso Unitario Suelto (kg/m³) : 1.492
Peso Unitario Varillado (Kg/m³) : 1.607

Ejecución : N. Noreña V.

Revisión : Ing. L. Gonzales H


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : Agregado Fino m-2 Arena Chancada

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C 128

Peso Especifico Bulk (Base Seca) : 2.741
Peso Especifico Bulk (Base Saturada) : 2.773
Peso Especifico Aparente (Base Seca) : 2.830
Absorción (%) : 1.15

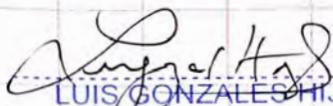
CANTERA : **Carapongo**
Muestra : Agregado Fino m-3 Arena natural lavada

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C 128

Peso Especifico Bulk (Base Seca) : 2.698
Peso Especifico Bulk (Base Saturada) : 2.715
Peso Especifico Aparente (Base Seca) : 2.728
Absorción (%) : 0.93

Ejecución : N. Noreña V.

Revisión : Ing. L. Gonzales H


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : La Gloria
Muestra : Agregado Fino m-2 arena chancada

I. ENSAYO DE PARTÍCULAS FRIABLES Y GRUMOS DE ARCILLA ASTM C142

Agregado : Fino
Partículas Friables y Grumos de Arcilla (%) : 0.391

CANTERA : Carapongo
Muestra : Agregado Fino m-3 arena natural lavada

II. ENSAYO DE PARTÍCULAS FRIABLES Y GRUMOS DE ARCILLA ASTM C142

Agregado : Fino
Partículas Friables y Grumos de Arcilla (%) : 0.215

Ejecución : N. Noreña V.

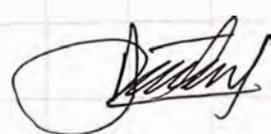
Revisión : Ing. L. Gonzales H


LUIS GONZALES HIJAR

ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

vºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

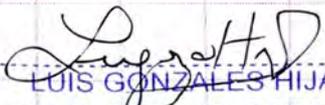
CANTERA : **La Gloria**
Muestra : Agregado Fino: Arena con finos

ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS ASTM C 40

Agregado : Fino
Placa Orgánica N° : " 1"

Ejecución : N. Noreña V

Revisión : Ing. L. Gonzales H.


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI


VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : Agregado Fino: Arena con finos

ENSAYO DE EQUIVALENTE ARENA MTC E114

Agregado : Fino
Equivalente Arena (%) : 58.5

Ejecución : N. Noreña V

Revisión : Ing. L. Gonzales H.

LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSÉ WILFREDO GUTIÉRREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : Agregado Fino: Arena con finos

ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C29

Peso Unitario Suelto (kg/m³) : 1.659
Peso Unitario Varillado (Kg/m³) : 1.809

Ejecución : N. Noreña V.

Revisión : Ing. L. Gonzales H.


LUIS GONZALES H. JAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI


VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : Agregado Fino: Arena con finos

ENSAYO DE PARTÍCULAS FRIABLES Y GRUMOS DE ARCILLA ASTM C142

Agregado : Fino
Partículas Friables y Grumos de Arcilla (%) : 0.194

Ejecución : N. Noreña V.

Revisión : Ing. L. Gonzales H.


LUIS GONZALES HJAR

ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S06-253 (II)

SOLICITADO : MORO S.R.L. CONTRATISTAS GENERALES
PROYECTO : Km. 14+800 C.C. LADO IZQUIERDO
FECHA : 18 DE MAYO DE 2006

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : GLORIA GRANDE - FIRTH
AGREGADO : FINO

I. ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO ASTM C128

Gravedad Especifica BULK (BASE SECA)	:	2.773
Gravedad Especifica BULK (BASE SATURADA)	:	2.793
Gravedad Especifica APARENTE	:	2.831
Absorción (%)	:	0.74

II. ENSAYO DE EQUIVALENTE ARENA ASTM D2419

Equivalente Arena (%) : 58.9

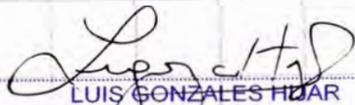
III. ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS ASTM C 40

Agregado : Fino
Placa Orgánica N° : " 1"

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : Téc. Fred Dávila

Revisión : Ing. L. Shuan


LUIS GONZALES HOAR

ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



vºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZAR

ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria
Muestra : Arena con finos

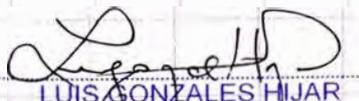
I. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO - MATERIAL QUE PASA TAMÍZ N°40 ASTM D4318

Límite Líquido (%) : 18.1
Límite Plástico (%) : N.P.
Índice plástico (%) : N.P.

II. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO - MATERIAL QUE PASA TAMÍZ N° 200 ASTM D4318

Límite Líquido (%) : 24.4
Límite Plástico (%) : N.P.
Índice plástico (%) : N.P.

Ejecución : N. Noreña Valverde
Revisión : Ing. L. Gonzales H.


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI


VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecanica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
FECHA : 20, Julio del 2008

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. ENSAYO DE ABRASION MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C 131

CANTERA : Río Huaura
AGREGADO : M-1 Piedra Chancada 3/4"

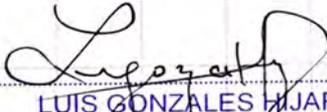
Gradación : "B"
Revolucior: 500
Desgaste : 14.3%

II. ENSAYO DE ABRASION MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C 131

CANTERA : Río Huaura
AGREGADO : M-1A Piedra Chancada 1/2"

Gradación : "C"
Revolucior: 500
Desgaste : 13.6%

Ejecución : Téc. Jhon Huambo
Revisión : L. Gonzales H.


LUIS GONZALES HJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA A

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 271 + 500 las Zorras
FECHA : 03, Julio del 2008

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : Las Zorras
Muestra : Finos las Zorras

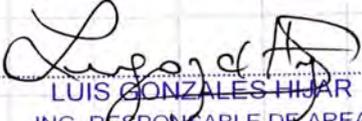
I. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO - MATERIAL QUE PASA TAMÍZ N°40 ASTM D4318

Límite Líquido (%) : 20.9
Límite Plástico (%) : 21.0
Índice plástico (%) : N.P.

II. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO - MATERIAL QUE PASA TAMÍZ N° 200 ASTM D4318

Límite Líquido (%) : 23.6
Límite Plástico (%) : 22.0
Índice plástico (%) : 1.6

Ejecución : Téc. J. Chavez U.
Revisión : Ing. L. Gonzales H.


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI


VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
FECHA : 20, Julio del 2008

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : RÍO HUAURA
UBICACIÓN : Km. 153+500
AGREGADO : Arena Chancada

I. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ATM C 128

Peso Especifico Bulk (Base Seca) : 2.669
Peso Especifico Bulk (Base Saturada) : 2.698
Peso Especifico Aparente (Base Seca) : 2.748
Absorción (%) : 1.08

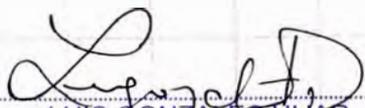
CANTERA : RÍO HUAURA
UBICACIÓN : Km. 153+500
AGREGADO : Arena natural lavada

II. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ATM C 128

Peso Especifico Bulk (Base Seca) : 2.462
Peso Especifico Bulk (Base Saturada) : 2.481
Peso Especifico Aparente (Base Seca) : 2.506
Absorción (%) : 0.95

Ejecución : N. Noreña V.

Revisión : Ing. L. Gonzales Hjar


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

INFORME N° S08 - 554



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
FECHA : 20, Julio del 2008

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : RÍO HUAURA
UBICACIÓN : Km. 153+500
AGREGADO : M-1 piedra chancada 3/4"

I. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ATM C 127

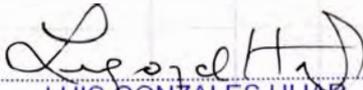
Peso Especifico Bulk (Base Seca) : 2.660
Peso Especifico Bulk (Base Saturada) : 2.682
Peso Especifico Aparente (Base Seca) : 2.720
Absorción (%) : 0.83

CANTERA : RÍO HUAURA
UBICACIÓN : Km. 153+500
AGREGADO : M-1A Piedra Chancada 1/2"

II. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ATM C 127

Peso Especifico Bulk (Base Seca) : 2.654
Peso Especifico Bulk (Base Saturada) : 2.673
Peso Especifico Aparente (Base Seca) : 2.704
Absorción (%) : 0.88

Ejecución : N. Noreña V.
Revisión : Ing. L. Gonzales Hjar


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfalticas compactadas"
UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : RÍO HUAURA
UBICACIÓN : Km. 153+500
Muestra : Agregado grueso M-1 + M-1A

ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO MTC E210

Partículas con una cara fracturada (%) : 100.0
Partículas con dos o mas caras fracturadas (%) : 98.7
Determinación de porcentaje : en peso

NOTA: Los agregados se han mezclado en proporcion a la mezcla de la gradacion IV.b

Ejecución : Téc. Fred Dávila

Revisión : L. Gonzales H.

LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS NORMA MTC - E221

: **RÍO HUAURA**
 : Km. 153+500
 : Agregado grueso M-1 + M-1A

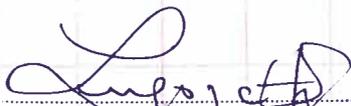
INDICE DE APLANAMIENTO (%) : 19

Tamiz		Total Partículas		Partículas Planas		Indice Aplanamiento Fracción (%)	Granulometria (%) retenido	Indice Aplanamiento corregido (%)
Pasa	Retiene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°			
2 1/2"	2"	-		-		-	-	-
2"	1 1/2"	-		-		-	-	-
1 1/2"	1"	-		-		-	-	-
1"	3/4"	-		-		-	-	-
3/4"	1/2"	845.2		145.4		17	30.2	5
1/2"	3/8"	404.0		78.9		20	30.0	6
3/8"	1/4"	150.4		31.0		21	39.8	8
TOTALES							100.0	19

INDICE DE ALARGAMIENTO (%) : 21

Tamiz		Total Partículas		Partículas Alargadas		Indice Alargamiento Fracción (%)	Gradación original (%)	Indice Alargamiento corregido (%)
Pasa	Retiene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°			
2 1/2"	2"	-		-		-	-	-
2"	1 1/2"	-		-		-	-	-
1 1/2"	1"	-		-		-	-	-
1"	3/4"	-		-		-	-	-
3/4"	1/2"	845.2		26.8		3	30.2	1
1/2"	3/8"	404.0		76.8		19	30.0	6
3/8"	1/4"	150.4		53.1		35	39.8	14
TOTALES							100.0	21

Ejecución : Téc. Julio Chavez U.
 Revisión : L. Gonzales H.


 LUIS GONZALES HUAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecanica de Suelos UNI

ANEXO D-3

Ensayos de Petrografía



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"

UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE

FECHA : 20, Julio del 2008

ANALISIS PETROGRAFICO DE MUESTRA DE MANO

CANTERA : La Gloria

MUESTRA : Piedra Chancada

1.0 NATURALEZA DE LA ROCA : **ROCA METAMORFICA**

2.0 COLOR : **Gris claro**

3.0 GRADO DE METEORIZACION : **Ligera**

4.0 TEXTURA : **Afanitica**

5.0 ESTRUCTURA : **Masiva**

6.0 MINERALES ESENCIALES: **Cuarzo**

7.0 MINERALES ACCESORIOS : **No presenta**

8.0 MINERALES SECUNDARIOS: **No presenta**

11.0 REACCION AL HCL : **No presenta**

12.0 CLASIFICACION MACROSCOPICA : **CUARCITA**

LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI


v°B° JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"

UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE

FECHA : 03, Julio del 2008

ANALISIS PETROGRAFICO DE MUESTRA DE MANO

CANTERA : La Gloria

MUESTRA : Piedra Chancada

1.0 NATURALEZA DE LA ROCA : **ROCA VOLCANICA**

2.0 COLOR : **Gris con tinte marron**

3.0 GRADO DE METEORIZACION : **Ligeramente Meteorizada**

4.0 TEXTURA : **Afanitica**

5.0 ESTRUCTURA : **Masiva**

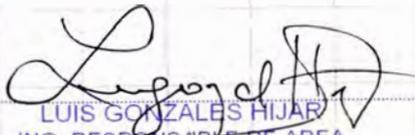
6.0 MINERALES ESENCIALES: **Plagioclasa**

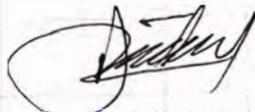
7.0 MINERALES ACCESORIOS : **No presenta**

8.0 MINERALES SECUNDARIOS: **No presenta**

11.0 REACCION AL HCL : **No presenta**

12.0 CLASIFICACION MACROSCOPICA : **ANDESITA**


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI


VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde

PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"

UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho

FECHA : 20, Julio del 2008

ANALISIS PETROGRAFICO DE MUESTRA DE MANO

CANTERA : Río Huaura

MUESTRA : Piedra Chancada

1.0 NATURALEZA DE LA ROCA : **ROCA METAMORFICA**

2.0 COLOR : **Gris claro**

3.0 GRADO DE METEORIZACION : **Ligeramente Meteorizada**

4.0 TEXTURA : **Porfirítica**

5.0 ESTRUCTURA : **Masiva**

6.0 MINERALES ESENCIALES: **Cuarzo**

7.0 MINERALES ACCESORIOS : **No Presenta**

8.0 MINERALES SECUNDARIOS: **No presenta**

11.0 REACCION AL HCL : **No presenta**

12.0 CLASIFICACION MACROSCOPICA : **CUARCITA**

LUIS GONZALEZ HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde

PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"

UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho

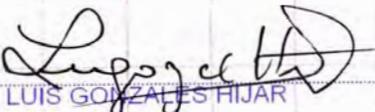
FECHA : 20, Julio del 2008

ANALISIS PETROGRAFICO DE MUESTRA DE MANO

CANTERA : Río Huaura

MUESTRA : Piedra Chancada

- 1.0 NATURALEZA DE LA ROCA : **ROCA METAMORFICA**
- 2.0 COLOR : **Gris claro**
- 3.0 GRADO DE METEORIZACION : **Ligeramente Meteorizada**
- 4.0 TEXTURA : **Porfirítica**
- 5.0 ESTRUCTURA : **Masiva**
- 6.0 MINERALES ESENCIALES: **Cuarzo**
- 7.0 MINERALES ACCESORIOS : **Hematita cristalizada de color negro.**
- 8.0 MINERALES SECUNDARIOS: **No presenta**
- 11.0 REACCION AL HCL : **No presenta**
- 12.0 CLASIFICACION MACROSCOPICA : **CUARCITA (con presencia de cristales de hematita)**


LUIS GONZALEZ HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI


VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde

PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfalticas compactadas"

UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho

FECHA : 20, Julio del 2008

ANALISIS PETROGRAFICO DE MUESTRA DE MANO

CANTERA : Río Huaura

MUESTRA : Piedra Chancada

1.0 NATURALEZA DE LA ROCA : **ROCA VOLCANICA**

2.0 COLOR : **Gris oscuro**

3.0 GRADO DE METEORIZACION : **Moderadamente Meteorizada**

4.0 TEXTURA : **Afanitica**

5.0 ESTRUCTURA : **Masiva**

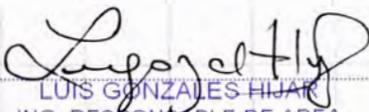
6.0 MINERALES ESENCIALES: **Plagioclasa**

7.0 MINERALES ACCESORIOS : **No presenta**

8.0 MINERALES SECUNDARIOS: **No presenta**

11.0 REACCION AL HCL : **No presenta**

12.0 CLASIFICACION MACROSCOPICA : **ANDESITA**


LUIS GONZALEZ HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI


VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

ANEXO D-4

Adherencia y Riedel Weber



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfalticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. ENSAYO DE ADHERENCIA - MTC E519

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : m-1 Piedra Chancada 3/4"

Agregado : Grueso
Asfalto : PEN 60-70 Refineria La Pampilla
Recubrimiento inicial (%) : 100
Recubrimiento final (%) : +95 (retenido)

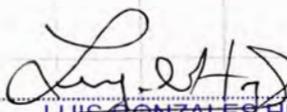
II. ENSAYO DE ADHERENCIA - MTC E519

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : m-1A Piedra chancada 1/2"

Agregado : Grueso
Asfalto : PEN 60-70 Refineria La Pampilla
Recubrimiento inicial (%) : 100
Recubrimiento final (%) : +95 (retenido)

Ejecución : Téc. Julio Chavez U.

Revisión : Nithson Noreña V.


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

I. ENSAYO DE ADHERENCIA - MTC E519

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : m-1 Piedra Chancada 3/4"

Agregado : Grueso
Asfalto : PEN 120-150 Refineria Conchan
Recubrimiento inicial (%) : 100
Recubrimiento final (%) : +95 (retenido)

II. ENSAYO DE ADHERENCIA - MTC E519

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : m-1A Piedra Chancada 1/2"

Agregado : Grueso
Asfalto : PEN 120-150 Refineria Conchan
Recubrimiento inicial (%) : 100
Recubrimiento final (%) : +95 (retenido)

Ejecución : Téc. Julio Chavez U

Revisión : Nithson Noreña V.


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : La Gloria
Muestra : Agregado Fino
m-2 Arena chancada + m-3 Arena natural

ENSAYO DE RIEDEL WEBER MTC E 220

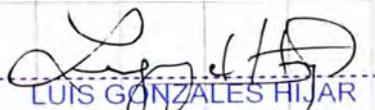
Agregado : Fino
Asfalto : PEN 60-70 Refineria La Pampilla
Desplazamiento Parcial (índice) : 4
Desplazamiento Total (índice) : 10

Agregado : Fino
Asfalto : PEN 120-150 Refineria Conchan
Desplazamiento Parcial (índice) : 5
Desplazamiento Total (índice) : 10

NOTA: La mezcla de los materiales se ha realizado en forma proporcional al diseño de mezcla

Ejecución : N. Noreña V.

Revisión : Ing. L. Gonzales H


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Km. 14+800 Carretera Central ATE
FECHA : 03, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : **La Gloria**
Muestra : Agregado Fino: Arena con finos

ENSAYO DE RIEDEL WEBER MTC E 220

Agregado : Fino
Asfalto : PEN 60-70 Refineria La Pampilla
Desplazamiento Parcial (índice) : 4
Desplazamiento Total (índice) : 10

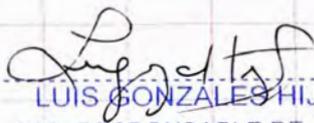
CANTERA : **La Gloria**
Muestra : Agregado Fino: Arena con finos

ENSAYO DE RIEDEL WEBER MTC E 220

Agregado : Fino
Asfalto : PEN 120-150 Refineria Conchan
Desplazamiento Parcial (índice) : 5
Desplazamiento Total (índice) : 10

Ejecución : N. Noreña V

Revisión : Ing. L. Gonzales H.


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
FECHA : 20, Julio del 2008

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : RÍO HUAURA
UBICACIÓN : Km. 153+500
AGREGADO : M-1 Piedra Chancada 3/4" + M-1A Piedra chancada 1/2"

I. ENSAYO DE ADHERENCIA - MTC E519

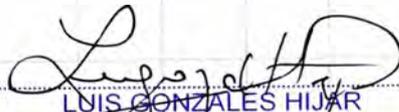
Agregado : Grueso
Asfalto : PEN 60- 70 Refineria La Pampilla
Recubrimiento inicial (%) : 100
Recubrimiento final (%) : +95 (retenido)

II. ENSAYO DE ADHERENCIA - MTC E519

Agregado : Grueso
Asfalto : PEN 120- 150 Refineria Conchan
Recubrimiento inicial (%) : 100
Recubrimiento final (%) : +95 (retenido)

Ejecución : N. Noreña V.

Revisión : Ing. L. Gonzales Hjar


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
FECHA : 20, Julio del 2008

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : RÍO HUAURA Km. 153+500
AGREGADO : M-2 arena chancada

I.- ENSAYO DE RIEDEL WEBER MTC E 220

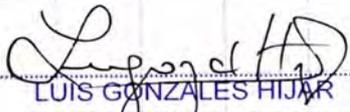
Agregado : Fino
Asfalto : PEN 60-70 Refinería La Panmpilla
Desplazamiento Parcial (índice) : 1
Desplazamiento Total (índice) : 8

II.- ENSAYO DE RIEDEL WEBER MTC E 220

Agregado : Fino
Asfalto : PEN 120-150 Refinería Conchan
Desplazamiento Parcial (índice) : 1
Desplazamiento Total (índice) : 9

Ejecución : Téc. Jhon Huambo

Revisión : L. Gonzales H.


LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
UBICACIÓN : Panamerica Norte Km. 153 + 500 Rio Huaura - Huacho
FECHA : 20, Julio del 2008

RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTERA : RÍO HUAURA Km. 153+500
AGREGADO : M-3 arena natural lavada

I.- ENSAYO DE RIEDEL WEBER MTC E 220

Agregado : Fino
Asfalto : PEN 60-70 Refineria La Panmpilla
Desplazamiento Parcial (índice) : 1
Desplazamiento Total (índice) : 10

II.- ENSAYO DE RIEDEL WEBER MTC E 220

Agregado : Fino
Asfalto : PEN 120-150 Refineria Conchan
Desplazamiento Parcial (índice) : 1
Desplazamiento Total (índice) : 10

Ejecución : Téc. Jhon Huambo

Revisión : L. Gonzales H.

LUIS GONZALES HAJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

ANEXO D-5

Ensayo Marshall con muestras de las
Canteras La Gloria y Río Huaura



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 208

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	17.0%	Cantera La Gloria
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera La Gloria
M-2 Arena chancada	32.0%	Cantera La Gloria
M-3.- Arena natural lavada	12.0%	Cantera Carapongo
M-4.- Arena con Finos	15.0%	Cantera La Gloria

Cemento Asfáltico
60-70 PEN
Refineria La Pampilla
Repsol YPF

N° DE BRIQUETAS		1A	2A	3A	1B	2B	3B
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA		4.5			5.0	
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		39.5			39.3	
2.1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA.						
3	% A. FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		50.1			49.9	
4	% FILLER (Minimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA.		5.8			5.8	
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE		1.0			1.0	
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")		2.714			2.714	
6.1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")						
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.712			2.712	
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		2.746			2.746	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1254.3	1255.4	1251.4	1248.9	1263.7	1255.8
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).	1256.2	1256.2	1252.2	1249.2	1264.4	1256.1
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)	735.4	736.3	737.8	736.2	743.6	740.0
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)	520.8	519.9	514.4	513.0	520.8	516.1
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)						
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)						
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)	522.7	521.8	516.3	514.9	522.7	518.0
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)	2.400	2.406	2.424	2.426	2.418	2.424
17.1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)						
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1		2.583			2.562	
19	% VACIOS	7.1	6.9	6.2	5.3	5.6	5.4
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715
21	V.M.A.	15.6	15.4	14.7	15.1	15.4	15.2
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	54.5	55.4	58.2	64.8	63.4	64.6
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791	2.791
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	% ASFALTO EFECTIVO	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
26	FLUJO (0.01 pulgadas)	8.1	9.9	8.6	9.7	10.4	10.4
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	767.3	795.9	783.4	844.7	845.4	869.1
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	767.3	795.9	783.4	844.7	845.4	869.1

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"

LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinación de la Pérdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA		
MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	17.0%	Cantera La Gloria
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera La Gloria
M-2 Arena chancada	32.0%	Cantera La Gloria
M-3.- Arena natural lavada	12.0%	Cantera Carapongo
M-4.- Finos	15.0%	Cantera La Gloria

Cemento Asfáltico
60-70 PEN
Refinería La Pampilla
Repsol YPF

	N° DE BRIQUETAS				1C	2C	3C	1D	2D	3D
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA					5.5			6.0	
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.					39.1			38.9	
2.1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA.									
3	% A. FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.					49.6			49.4	
4	% FILLER (Mínimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA.					5.8			5.7	
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE					1.0			1.0	
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")					2.714			2.714	
6.1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")									
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO _ BULK					2.712			2.712	
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE					2.746			2.746	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)									
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)				1266.5	1258.0	1263.9	1269.4	1269.0	1266.7
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).				1267.0	1258.2	1264.1	1269.7	1269.1	1266.8
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)				747.2	743.7	748.7	748.1	747.8	747.4
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)				519.8	514.5	515.4	521.6	521.3	519.4
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)									
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)									
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)				521.7	516.4	517.3	523.5	523.2	521.3
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)				2.428	2.436	2.443	2.425	2.425	2.430
17.1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)									
18	PESO ESPECIFICO MÁXIMO - ASTM D 204 1					2.540			2.521	
19	% VACIOS				4.4	4.1	3.8	3.8	3.8	3.6
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL				2.715	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715
21	V.M.A.				15.5	15.2	14.9	16.0	16.0	15.9
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.				71.5	73.1	74.6	76.2	76.4	77.2
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL				2.790	2.790	2.790	2.792	2.792	2.792
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	% ASFALTO EFECTIVO				4.6	4.6	4.6	5.0	5.0	5.0
26	FLUJO (0.01 pulgadas)				11.5	11.4	11.6	12.2	12.2	12.4
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)				908.8	903.1	906.7	887.3	881.8	892.1
28	FACTOR DE ESTABILIDAD				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)				908.8	903.1	906.7	887.3	881.8	892.1

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"

LUIS GONZÁLEZ HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSÉ WILFREDO GUTIÉRREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	17.0%	Cantera La Gloria
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera La Gloria
M-2 Arena chancada	32.0%	Cantera La Gloria
M-3.- Arena natural lavada	12.0%	Cantera Carapongo
M-4.- Finos	15.0%	Cantera La Gloria

Cemento Asfáltico
60-70 PEN
Refineria La Pampilla
Repsol YPF

		1E	2E	3E	1F	2F	3F
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA		6.5				
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		38.7				
2.1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA.						
3	% A FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		49.1				
4	% FILLER (Mínimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA.		5.7				
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE		1.0				
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")		2.714				
6.1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")						
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.712				
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		2.746				
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1275.4	1268.8	1273.1			
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).	1275.5	1269.1	1273.3			
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)	751.1	747.2	750.3			
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)	524.4	521.9	523.0			
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)						
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)						
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)	526.3	523.8	524.9			
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)	2.423	2.422	2.425			
17.1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)						
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1		2.495				
19	% VACIOS	2.9	2.9	2.8			
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.715	2.715	2.715			
21	V.M.A.	16.5	16.6	16.5			
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	82.6	82.4	83.1			
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.784	2.784	2.784			
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.9	0.9	0.9			
25	% ASFALTO EFECTIVO	5.6	5.6	5.6			
26	FLUJO (0.01 pulgadas)	13.1	12.9	13.2			
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	844.2	835.4	803.6			
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0			
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	844.2	835.4	803.6			

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"

LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

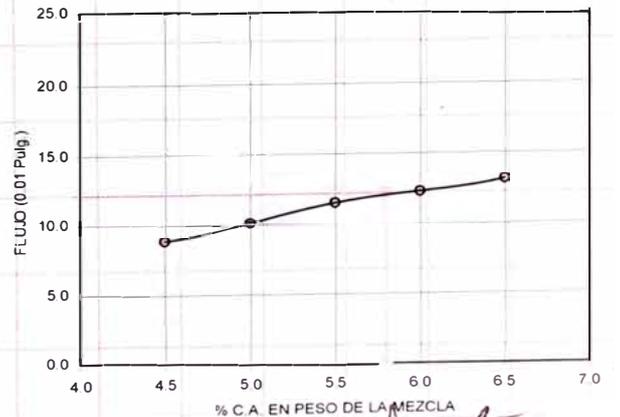
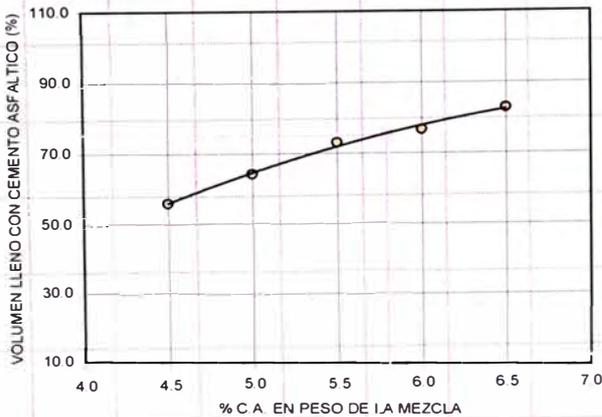
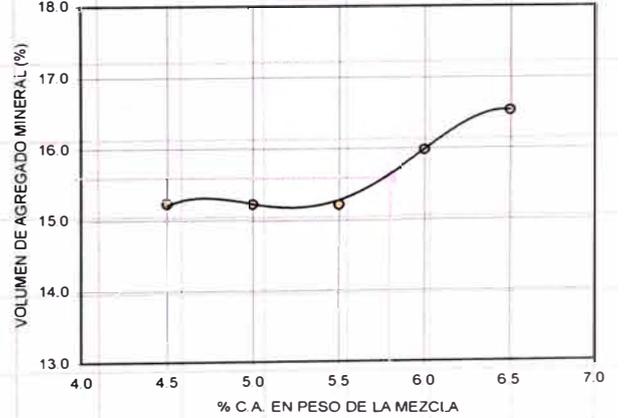
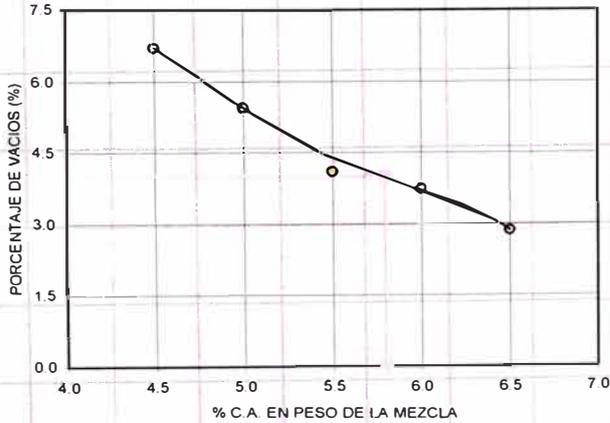
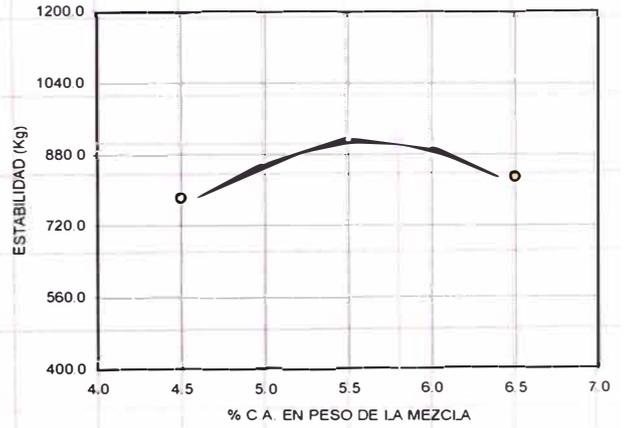
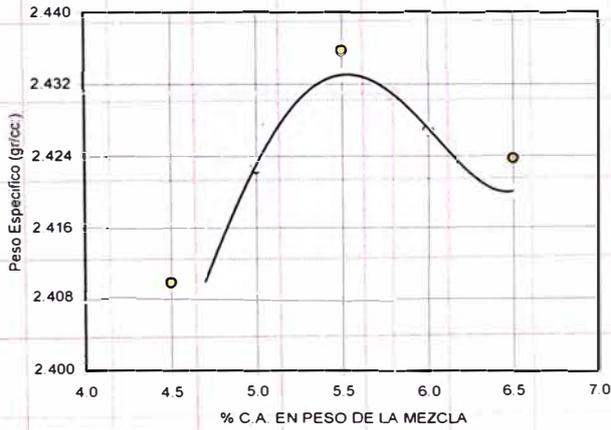
Fecha : 20 Julio del 208

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

Cemento Asfáltico
60/70 PEN

Refinería La Pampilla
Repsol YPF

Cantera: Rio Huaura



Luis González Híjar
 LUIS GONZALEZ HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

vob

Jose Wilfredo Gutiérrez Lazares
 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
Proyecto: Tesis: "Determinación de la Pérdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
Fecha: 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

Resumen

Características de la Mezcla :

- N° de golpes por cara		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico *, %	5.5	5.8	6.1
- Peso Especifico bulk, g/cm ³	2.436	2.431	2.427
- Vacios, %	4.1	4.0	3.7
- Vacios llenos con Cemento Asfáltico, %	73.0	75.2	76.6
- V.M.A., %	15.2	15.6	16.0
- Estabilidad, (Kg)	906.2	904.8	887.1
- Flujo (10 ⁻² pulg)	11.5	12.2	12.3
- Absorción de Asfalto, %	1.0	1.0	0.9
- Relación Estabilidad / Flujo, (Kg/cm)	3,095.6	2,918.7	2,845.1
- Estabilidad Retenida, %		--	
- Índice de Compactabilidad		--	
- Temperatura de la Mezcla, °C		140.0	

Proporciones de mezcla final(*):

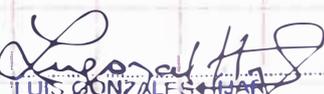
(1) Piedra chancada de 3/4", %	16.2
(2) Piedra Chancada 1/2", %	22.8
(3) Arena Chancada, %	36.0
(4) Arena Natural Lavada, %	13.5
(5) Finos, %	5.7

Materiales :

- Agregados	Cantera la Gloria
- Tipo de Asfalto	PEN 60 - 70
- Procedencia	Refinería La Pampilla

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total.


LUIS GONZÁLEZ HJAR
ING RESPONSABLE DE AREA
Lab de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING JEFE DEL LABORATORIO
Lab de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA		
MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	17.0%	Cantera La Gloria
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera La Gloria
M-2 Arena chancada	32.0%	Cantera La Gloria
M-3.- Arena natural lavada	12.0%	Cantera Carapongo
M-4. Arena Fina	15.0%	Cantera La Gloria

Cemento Asfáltico
120-150 PEN
Refineria Conchan
Petroperu

N° DE BRIQUETAS		1A	2A	3A	1B	2B	3B
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA		4.0			4.5	
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		39.7			39.5	
2,1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA.						
3	% A. FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		50.4			50.1	
4	% FILLER (Minimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA.		5.9			5.8	
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE		1.0			1.0	
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")		2.714			2.714	
6,1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")						
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.712			2.712	
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		2.746			2.746	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1235.5	1236.6	1232.6	1230.2	1244.7	1237.0
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).	1233.6	1233.6	1229.7	1226.7	1241.6	1233.5
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)	720.7	721.6	723.0	721.5	728.7	725.2
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)	512.9	512.0	506.6	505.2	512.9	508.3
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)						
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)						
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)	514.8	513.9	508.5	507.1	514.8	510.1
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)	2.400	2.406	2.424	2.426	2.418	2.425
17,1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)						
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1		2.577			2.556	
19	% VACIOS	6.9	6.6	5.9	5.1	5.4	5.1
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715
21	V.M.A.	15.1	14.9	14.3	14.7	14.9	14.7
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	54.6	55.6	58.5	65.3	63.9	65.1
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.758	2.758	2.758	2.758	2.758	2.758
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
25	% ASFALTO EFECTIVO	3.4	3.4	3.4	3.9	3.9	3.9
26	FLUJO (0.01 pulgadas)	9.0	11.0	9.5	10.8	11.5	11.6
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	720.0	746.8	735.1	792.6	793.3	815.6
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	720.0	746.8	735.1	792.6	793.3	815.6

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"

LUIS GONZALES HUANCA
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecanica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecanica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 208

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

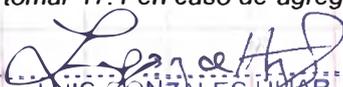
DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	17.0%	Cantera La Gloria
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera La Gloria
M-2 Arena chancada	32.0%	Cantera La Gloria
M-3.- Arena lavada	12.0%	Cantera Carapongo
M-4.- Arena Fina	15.0%	Cantera La Gloria

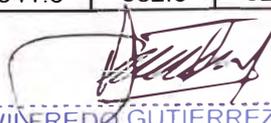
Cemento Asfáltico
120-150 PEN
Refineria Conchan
Petroperu

	N° DE BRIQUETAS	1C	2C	3C	1D	2D	3D
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA		5.0			5.5	
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		39.3			39.1	
2,1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA.						
3	% A. FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		49.9			49.6	
4	% FILLER (Minimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA.		5.8			5.8	
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE		1.0			1.0	
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")		2.714			2.714	
6.1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")						
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.712			2.712	
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		2.746			2.746	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1247.5	1239.1	1244.9	1250.4	1250.0	1247.7
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).	1244.2	1235.6	1241.3	1246.8	1246.3	1244.0
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)	732.3	728.8	733.7	733.1	732.8	732.5
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)	511.9	506.7	507.6	513.7	513.4	511.5
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)						
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)						
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)	513.8	508.6	509.5	515.6	515.3	513.4
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)	2.428	2.437	2.444	2.425	2.426	2.430
17,1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)						
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1		2.543			2.498	
19	% VACIOS	4.5	4.2	3.9	2.9	2.9	2.7
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715
21	V.M.A	15.0	14.7	14.5	15.6	15.6	15.4
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	69.9	71.6	73.0	81.3	81.4	82.4
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.768	2.768	2.768	2.737	2.737	2.737
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3
25	% ASFALTO EFECTIVO	4.3	4.3	4.3	5.2	5.2	5.2
26	FLUJO (0.01 pulgadas)	12.8	12.7	12.9	13.5	13.6	13.8
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	843.5	838.3	841.6	832.6	827.4	837.1
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	843.5	838.3	841.6	832.6	827.4	837.1

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"


LUIS GONZALES HUAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 208

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	17.0%	Cantera La Gloria
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera La Gloria
M-2 Arena chancada	32.0%	Cantera La Gloria
M-3.- Arena lavada	12.0%	Cantera Carapongo
M-4.- Arena Fina	15.0%	Cantera La Gloria

Cemento Asfáltico
120-150 PEN
Refinería Conchan
Petroperu

	N° DE BRIQUETAS	1E	2E	3E	1F	2F	3F
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA		6.0				
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		38.9				
2.1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA.						
3	% A FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		49.4				
4	% FILLER (Minimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA.		5.7				
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE		1.0				
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")		2.714				
6.1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")						
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.712				
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		2.746				
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1256.3	1249.8	1254.0			
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).	1252.5	1246.3	1250.4			
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)	736.1	732.3	735.3			
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)	516.5	514.0	515.1			
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)						
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)						
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)	518.3	515.9	517.0			
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)	2.424	2.423	2.426			
17.1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)						
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1		2.475				
19	% VACIOS	2.1	2.1	2.0			
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.715	2.715	2.715			
21	V.M.A.	16.1	16.1	16.0			
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	87.1	86.9	87.6			
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.732	2.732	2.732			
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.2	0.2	0.2			
25	% ASFALTO EFECTIVO	5.8	5.8	5.8			
26	FLUJO (0.01 pulgadas)	14.6	14.3	14.7			
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	792.2	783.9	754.1			
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0			
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	792.2	783.9	754.1			

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"

LUIS GONZALES HUAR

ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO BUTIERREZ LAZARES

ING JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

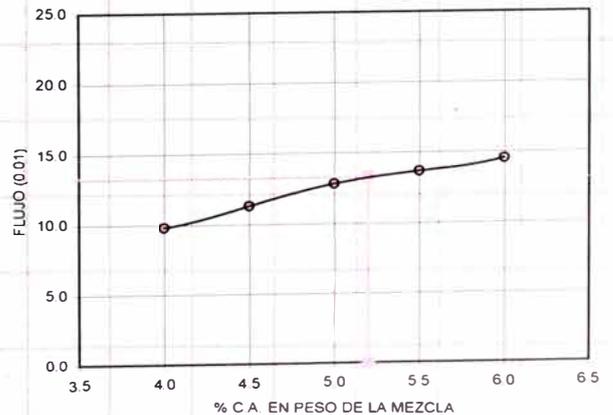
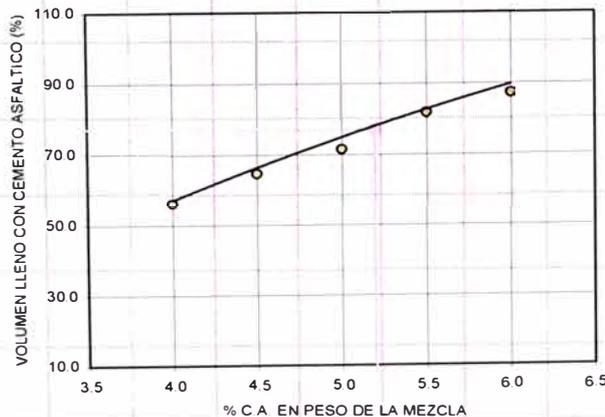
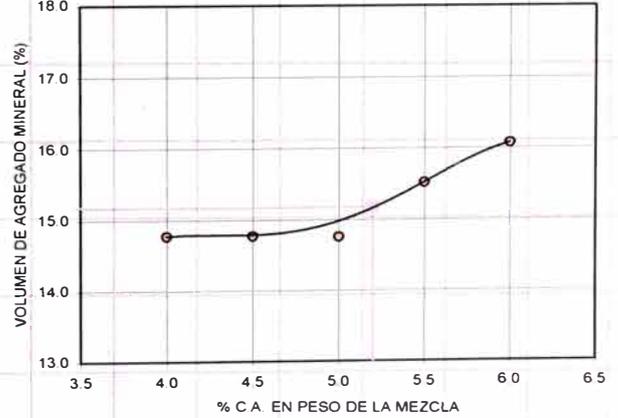
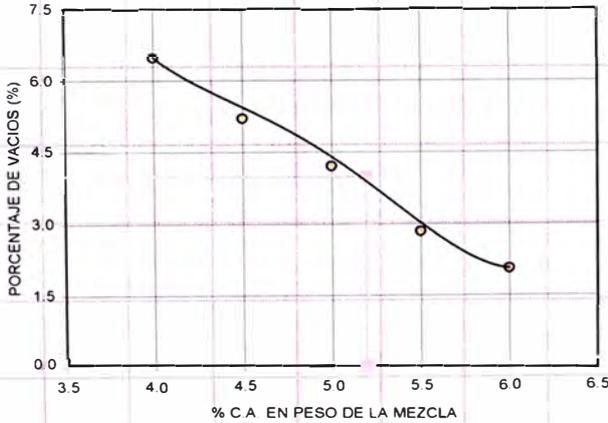
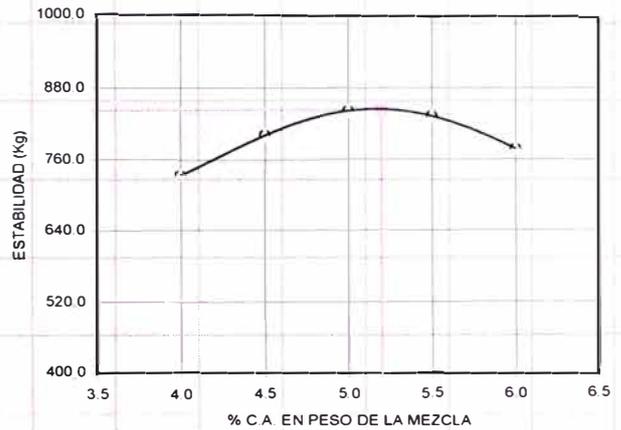
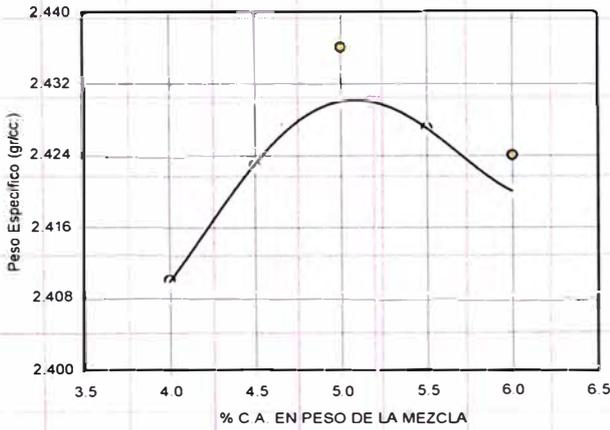
Solicitante: Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
 Proyecto: Tesis: "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 Fecha: 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

Cemento Asfáltico
120/150PEN

Refinería Conchan
Petroperu

Cantera: La Gloria



Luis Gonzales Hajar
 LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

Jose Wilfredo Gutierrez Lazares
 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
Proyecto : Tesis: "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
Fecha : 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

Resumen

Características de la Mezcla :

- N° de golpes por cara		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico *, %	4.9	5.2	5.5
- Peso Específico bulk, g/cm ³	2.436	2.430	2.427
- Vacíos, %	4.2	4.0	2.8
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	71.5	77.2	81.7
- V.M.A., %	14.8	15.2	15.5
- Estabilidad, (Kg)	841.1	843.0	832.4
- Flujo (10 ⁻² pulg)	12.8	13.3	13.6
- Absorción de Asfalto, %	0.5	0.5	0.5
- Relación Estabilidad / Flujo, (Kg/cm)	2,570.5	2,479.4	2,388.4
- Estabilidad Retenida, %		--	
- Índice de Compactabilidad		--	
- Temperatura de la Mezcla, °C		140.0	

Proporciones de mezcla final(*):

(1) Piedra chancada de 3/4", %	16.3
(2) Piedra Chancada 1/2", %	23.0
(3) Arena Chancada, %	36.2
(4) Arena Natural Lavada, %	13.6
(5) Finos, %	5.8

Materiales :

- Agregados	Cantera la Gloria
- Tipo de Asfalto	PEN 120 - 150
- Procedencia	Refinería Conchan

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

LUIS GONZÁLEZ HIJA
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZÁRES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 082

Solicitante: Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 2008

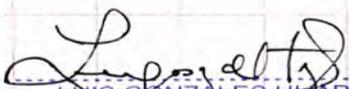
ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA		
MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-2 Arena chancada	31.0%	Cantera Rio Huaura
M-3.- Arena lavada	17.0%	Cantera Rio Huaura
M-4.- Finos	4.0%	Cantera Las Zorras

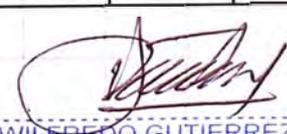
Cemento Asfáltico
60-70 PEN
Refineria La Pampilla
Repsol YPF

	N° DE BRIQUETAS	1A	2A	3A	1B	2B	3B
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA		4.5			5.0	
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		47.8			47.5	
2,1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA						
3	% A. FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		45.8			45.6	
4	% FILLER (Minimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA		1.9			1.9	
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE		1.0			1.0	
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")		2.637			2.637	
6.1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")						
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.796			2.796	
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		2.674			2.674	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1210.4	1211.5	1207.6	1205.2	1219.5	1211.8
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).	1212.2	1212.2	1208.4	1205.5	1220.1	1212.1
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)	709.7	710.5	709.0	706.0	714.0	712.0
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)	502.6	501.7	499.4	499.5	506.1	500.1
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)						
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)						
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)	504.4	503.5	501.2	501.3	508.0	502.0
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)	2.400	2.406	2.409	2.404	2.401	2.414
17,1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)						
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1		2.561			2.540	
19	% VACIOS	6.3	6.1	5.9	5.3	5.5	5.0
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.712	2.712	2.712	2.712	2.712	2.712
21	V.M.A.	15.5	15.3	15.1	15.8	15.9	15.4
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	59.3	60.4	60.9	66.1	65.5	67.9
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.764	2.764	2.764	2.764	2.764	2.764
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
25	% ASFALTO EFECTIVO	3.8	3.8	3.8	4.3	4.3	4.3
26	FLUJO (0.01 pulgadas)	9.5	10.5	9.0	11.4	10.9	11.9
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	767.3	795.9	833.3	858.6	845.4	899.3
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	767.3	795.9	833.3	858.6	845.4	899.3

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"


LUIS GONZALES HUAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING JEFE DEL LABORATORIO
Lab de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 082

Solicitante: Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-2 Arena chancada	31.0%	Cantera Rio Huaura
M-3.- Arena lavada	17.0%	Cantera Rio Huaura
M-4.- Finos	4.0%	Cantera Las Zorras

Cemento Asfáltico
60-70 PEN
Refineria La Pampilla
Repsol YPF

N° DE BRIQUETAS	1C	2C	3C	1D	2D	3D
1 % C.A. EN PESO DE LA MEZCLA		5.5			6.0	
2 % A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		47.3			47.0	
2.1 % A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA.						
3 % A. FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		45.4			45.1	
4 % FILLER (Minimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA.		1.9			1.9	
5 PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE		1.0			1.0	
6 PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")		2.637			2.637	
6.1 PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")						
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.796			2.796	
8 PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		2.674			2.674	
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1222.2	1214.0	1219.7	1225.0	1224.6	1222.4
11 PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).	1222.7	1214.2	1219.9	1225.3	1224.7	1222.5
12 PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)	717.0	712.9	716.0	719.0	718.0	717.0
13 VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)	505.7	501.3	503.9	506.3	506.7	505.5
14 PESO DE LA PARAFINA (gr)						
15 VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)						
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)	507.5	503.1	505.7	508.1	508.5	507.3
17 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)	2.408	2.413	2.412	2.411	2.408	2.410
17.1 PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)						
18 PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1		2.518			2.499	
19 % VACIOS	4.4	4.2	4.2	3.5	3.6	3.6
20 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.712	2.712	2.712	2.712	2.712	2.712
21 V.M.A.	16.1	15.9	16.0	16.4	16.5	16.5
22 % VACIOS LLENADOS CON C.A.	72.9	73.8	73.6	78.5	78.0	78.3
23 PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.762	2.762	2.762	2.763	2.763	2.763
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
25 % ASFALTO EFECTIVO	4.9	4.9	4.9	5.4	5.4	5.4
26 FLUJO (0.01 pulgadas)	12.8	12.4	12.8	13.3	13.8	13.3
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	946.6	1006.0	979.0	732.1	839.9	839.9
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	946.6	1006.0	979.0	732.1	839.9	839.9

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"

LUIS GONZÁLEZ FIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 082

Solicitante: Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 208

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA		
MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-2 Arena chancada	31.0%	Cantera Rio Huaura
M-3.- Arena lavada	17.0%	Cantera Rio Huaura
M-4.- Finos	4.0%	Cantera Las Zorras

Cemento Asfáltico
60-70 PEN
Refineria La Pampilla
Repsol YPF

	N° DE BRIQUETAS	1E	2E	3E	1F	2F	3F
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA		6.5				
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		46.8				
2.1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA.						
3	% A. FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		44.9				
4	% FILLER (Mínimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA.		1.9				
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE		1.0				
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")		2.637				
6.1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")						
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.796				
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		2.674				
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1230.8	1224.4	1228.5			
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).	1230.9	1224.7	1228.7			
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)	721.0	718.0	720.0			
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)	509.9	506.7	508.7			
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)						
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)						
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)	511.7	508.5	510.6			
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)	2.405	2.408	2.406			
17.1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)						
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1		2.479				
19	% VACIOS	3.0	2.9	2.9			
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.712	2.712	2.712			
21	V.M.A.	17.1	17.0	17.0			
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	82.6	83.1	82.8			
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.763	2.763	2.763			
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.7	0.7	0.7			
25	% ASFALTO EFECTIVO	5.9	5.9	5.9			
26	FLUJO (0.01 pulgadas)	14.3	14.7	14.7			
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	744.2	785.4	803.6			
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0			
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	744.2	785.4	803.6			

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"

LUIS GONZÁLEZ HUARÁN
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 082

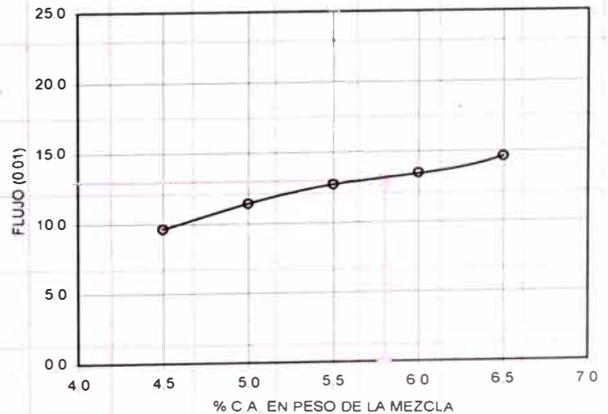
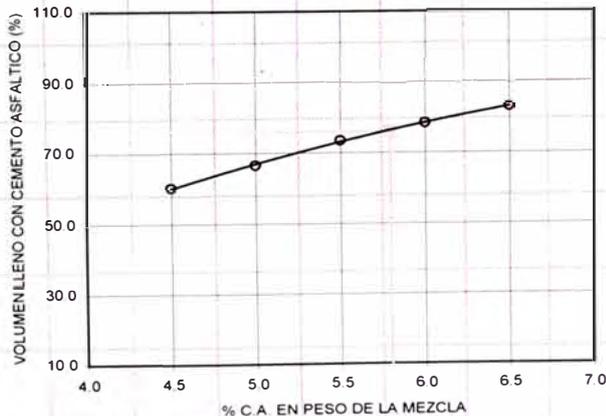
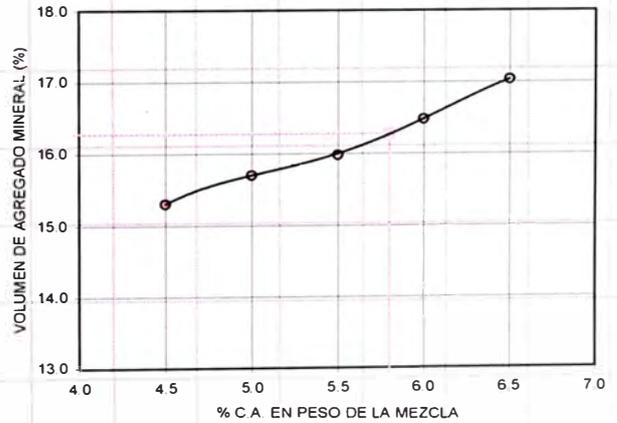
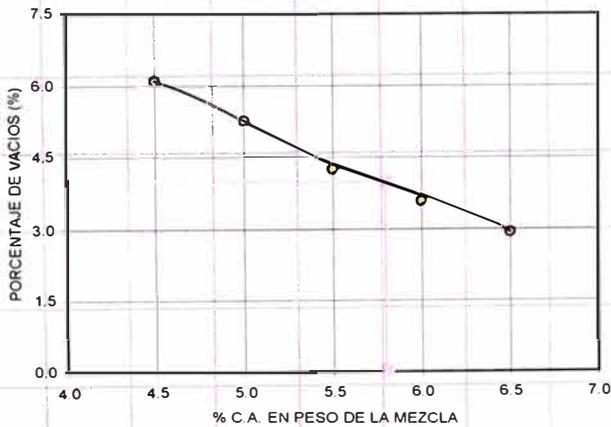
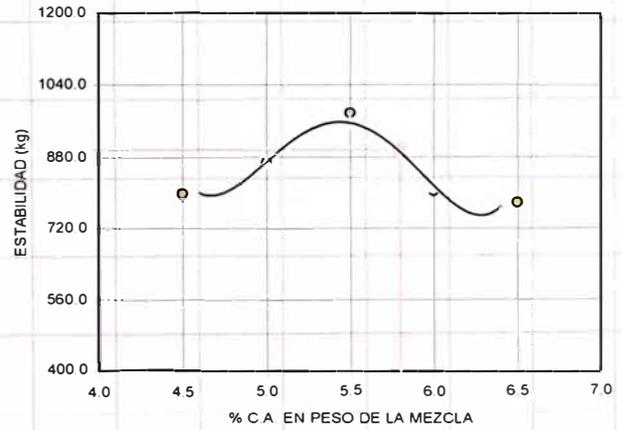
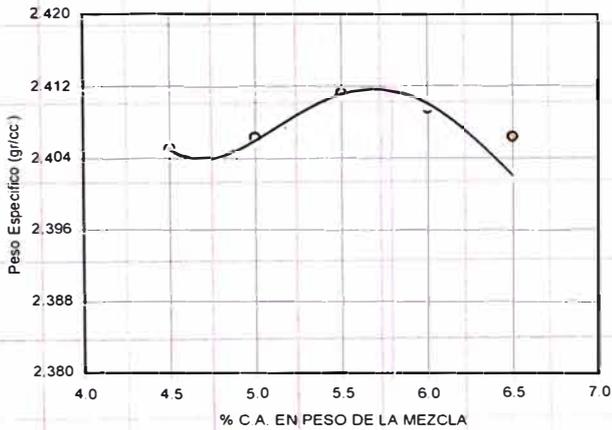
Solicitante: Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
 Proyecto : Tesis: "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 Fecha : 20 Julio del 208

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

Cemento Asfáltico
60/70 PEN

Refinería La Pampilla
Repsol YPF

Cantera: Río Huaura



Luis Gonzales Hjar
 LUIS GONZALES HJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

Jose Wilfredo Gutierrez Lazares
 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
Proyecto: Tesis: "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
Fecha: 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

Resumen

Características de la Mezcla :

- N° de golpes por cara		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico *, %	5.5	5.8	6.1
- Peso Específico bulk, g/cm ³	2.411	2.412	2.410
- Vacíos, %	4.2	4.0	3.6
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	73.4	76.0	78.3
- V.M.A., %	16.0	16.3	16.5
- Estabilidad, (Kg)	977.2	898.5	803.9
- Flujo (10 ⁻² pulg)	12.7	13.0	13.5
- Absorción de Asfalto, %	0.7	0.7	0.7
- Relación Estabilidad / Flujo, (Kg/cm)	3,038.4	2,722.1	2,352.6
- Estabilidad Retenida, %		--	
- Índice de Compactabilidad		--	
- Temperatura de la Mezcla, °C		140.0	

Proporciones de mezcla final (*):

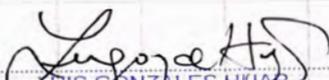
(1) Piedra chancada de 3/4", %	23.6
(2) Piedra Chancada 1/4", %	23.6
(3) Arena Chancada, %	29.2
(4) Arena Natural Lavada, %	16.0
(5) Finos, %	1.9

Materiales :

- Agregados	Cantera Rio Huaura
- Tipo de Asfalto	PEN 60 - 70
- Procedencia	Refinería La Pampilla

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total.


LUIS GONZALES HUAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anex 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-2 Arena chancada	31.0%	Cantera Rio Huaura
M-3.- Arena lavada	17.0%	Cantera Rio Huaura
M-4.- Finos	4.0%	Cantera Las Zorras

Cemento Asfáltico
120-150 PEN
Refineria Conchan
Petroperu

	N° DE BRIQUETAS	1A	2A	3A	1B	2B	3B
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA		4.0			4.5	
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		48.0			47.8	
2.1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA.						
3	% A. FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.		46.1			45.9	
4	% FILLER (Minimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA.		1.9			1.9	
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE		1.0			1.0	
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")		2.637			2.637	
6.1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")						
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.796			2.796	
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		2.674			2.674	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)						
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)	1222.5	1223.6	1219.7	1217.2	1231.7	1224.0
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).	1225.6	1225.6	1221.7	1218.7	1233.6	1225.5
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)	718.2	719.1	717.5	714.5	722.6	720.5
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)	507.4	506.5	504.2	504.3	511.0	504.9
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)						
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)						
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)	509.2	508.4	506.0	506.1	512.9	506.8
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)	2.401	2.407	2.410	2.405	2.402	2.415
17.1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)						
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1		2.556			2.541	
19	% VACIOS	6.1	5.8	5.7	5.3	5.5	4.9
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.712	2.712	2.712	2.712	2.712	2.712
21	V.M.A.	15.0	14.8	14.6	15.3	15.4	14.9
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	59.5	60.5	61.1	65.1	64.4	66.9
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.734	2.734	2.734	2.740	2.740	2.740
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
25	% ASFALTO EFECTIVO	3.7	3.7	3.7	4.1	4.1	4.1
26	FLUJO (0.01 pulgadas)	11.0	12.0	10.3	11.6	11.0	12.4
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	721.8	748.7	783.9	788.5	776.4	825.9
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	721.8	748.7	783.9	788.5	776.4	825.9

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"

LUIS GONZÁLES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE ÁREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinacion de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-2 Arena chancada	31.0%	Cantera Rio Huaura
M-3.- Arena lavada	17.0%	Cantera Rio Huaura
M-4.- Finos	4.0%	Cantera Las Zorras

Cemento Asfáltico

120-150 PEN

Refineria Conchan

Petroperu

	N° DE BRIQUETAS				1C	2C	3C	1D	2D	3D
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA					5.0			5.5	
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA					47.5			47.3	
2.1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA									
3	% A. FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA					45.6			45.4	
4	% FILLER (Minimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA					1.9			1.9	
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE					1.0			1.0	
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")					2.637			2.637	
6.1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")									
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO BULK					2.796			2.796	
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE					2.674			2.674	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)									
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)				1234.4	1226.1	1231.9	1237.2	1236.8	1234.6
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr)				1236.1	1227.5	1233.3	1238.7	1238.2	1235.9
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)				725.6	721.5	724.6	727.6	726.6	725.6
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)				510.5	506.1	508.7	511.1	511.5	510.3
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)									
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)									
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)				512.4	507.9	510.5	513.0	513.4	512.2
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)				2.409	2.414	2.413	2.412	2.409	2.411
17.1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)									
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1					2.513			2.492	
19	% VACIOS				4.1	3.9	4.0	3.2	3.3	3.3
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL				2.712	2.712	2.712	2.712	2.712	2.712
21	V.M.A.				15.6	15.4	15.5	16.0	16.0	16.0
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.				73.5	74.5	74.3	79.8	79.3	79.6
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL				2.730	2.730	2.730	2.729	2.729	2.729
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL				0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
25	% ASFALTO EFECTIVO				4.8	4.8	4.8	5.3	5.3	5.3
26	FLUJO (0.01 pulgadas)				13.0	12.8	13.6	14.2	14.0	14.5
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)				826.9	827.8	822.0	751.5	733.7	765.5
28	FACTOR DE ESTABILIDAD				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)				826.9	827.8	822.0	751.5	733.7	765.5

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"

LUIS GONZALES HILAR
ING RESPONSABLE DE AREA
Lab de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSÉ WILFREDO GUTIÉRREZ LAZARES
ING JEFE DEL LABORATORIO
Lab de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde

Proyecto : Tesis: "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"

Fecha : 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	PARTICIPACION	PROCEDENCIA
M-1.- Piedra chancada 3/4"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-1A.- piedra chancada de 1/2"	24.0%	Cantera Rio Huaura
M-2 Arena chancada	31.0%	Cantera Rio Huaura
M-3.- Arena lavada	17.0%	Cantera Rio Huaura
M-4.- Finos	4.0%	Cantera Las Zorras

Cemento Asfáltico
120-150 PEN
Refinería Conchan
Petroperu

	N° DE BRIQUETAS				1E	2E	3E	1F	2F	3F
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA					6.0				
2	% A. GRUESO (MAYOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.					47.0				
2,1	% A. GRUESO (MAYOR DE 1") EN PESO DE LA MEZCLA.									
3	% A. FINO (MENOR N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA.					45.1				
4	% FILLER (Minimo 65 Pasa N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA.					1.9				
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE					1.0				
6	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MENOR 1")					2.637				
6.1	PESO ESP. DEL AGREGADO GRUESO - BULK (MAYOR 1")									
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK					2.796				
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE					2.674				
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)									
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr)				1243.1	1236.6	1240.8			
11	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA (gr).				1244.4	1238.2	1242.3			
12	PESO DE LA BRIQUETA MAS PARAFINA EN EL AGUA (gr)				729.7	726.6	728.6			
13	VOLUMEN DE BRIQUETA + PARAFINA (gr)				514.7	511.5	513.6			
14	PESO DE LA PARAFINA (gr)									
15	VOLUMEN DE LA PARAFINA (gr/c.c)									
16	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (c.c)				516.6	513.4	515.5			
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/c.c)				2.406	2.409	2.407			
17,1	PESO ESP. BULK CORREGIDO DE LA BRIQUETA (gr/c.c)									
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO - ASTM D 204 1					2.469				
19	% VACIOS				2.5	2.4	2.5			
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL				2.712	2.712	2.712			
21	V.M.A.				16.6	16.5	16.6			
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.				84.7	85.2	84.9			
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL				2.724	2.724	2.724			
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL				0.2	0.2	0.2			
25	% ASFALTO EFECTIVO				5.8	5.8	5.8			
26	FLUJO (0.01 pulgadas)				15.1	15.3	16.0			
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)				722.7	703.7	720.0			
28	FACTOR DE ESTABILIDAD				1.0	1.0	1.0			
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)				722.7	703.7	720.0			

17* tomar 17.1 en caso de agregado mayor a 1"

LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

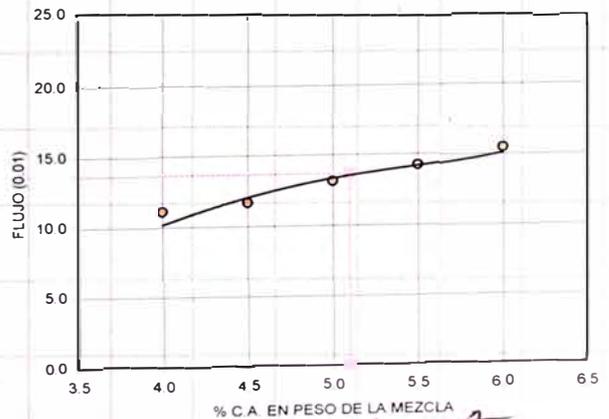
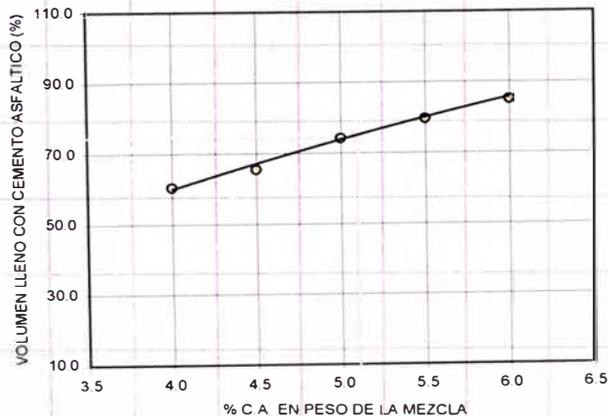
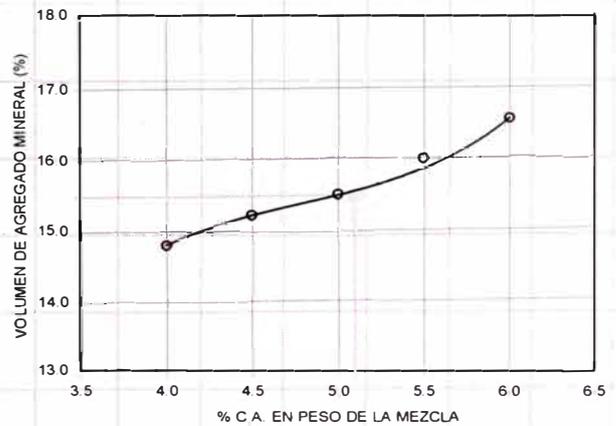
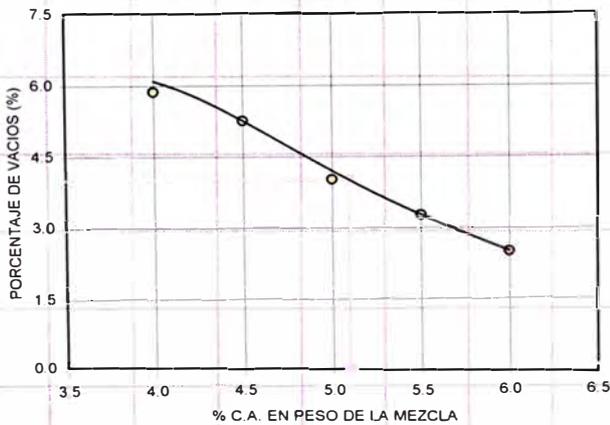
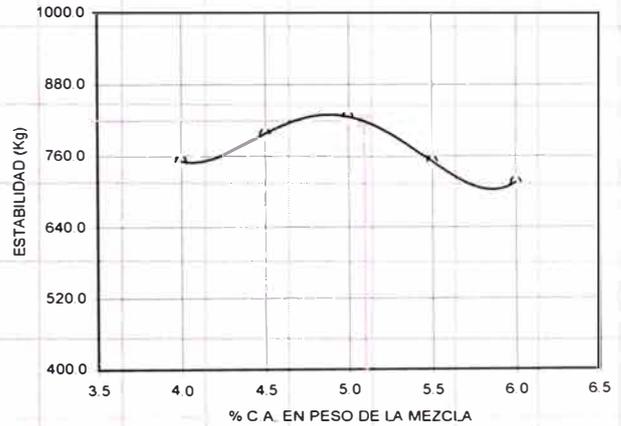
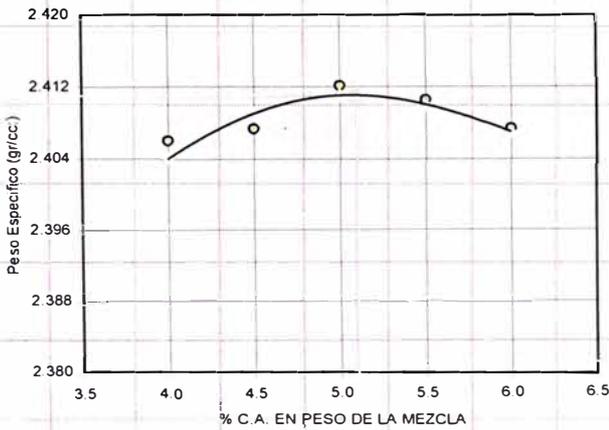
Solicitante: Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
 Proyecto: Tesis: "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 Fecha: 20 Julio del 208

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

Cemento Asfáltico
60/70 PEN

Refinería Conchan
Petroperu

Cantera: Río Huaura



LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

Solicitante: Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
 Proyecto : Tesis: "Determinación de la Perdida de Adhesividad por Tracción Indirecta en Mezclas Asfálticas Compactadas"
 Fecha : 20 Julio del 2008

ENSAYO MARSHALL ASTM D1559 / AASHTO T245

Resumen

Características de la Mezcla :

- N° de golpes por cara		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico *, %	4.8	5.1	5.4
- Peso Específico bulk, g/cm ³	2.412	2.411	2.411
- Vacios, %	4.0	4.0	3.3
- Vacios llenos con Cemento Asfáltico, %	74.1	74.5	79.6
- V.M.A., %	15.5	15.5	16.0
- Estabilidad, (Kg)	825.6	819.8	750.2
- Flujo (10 ⁻² pulg)	13.1	13.7	14.2
- Absorción de Asfalto, %	0.3	0.3	0.3
- Relación Estabilidad / Flujo, (Kg/cm)	2,460.3	2,342.1	2,063.0
- Estabilidad Retenida, %		--	
- Índice de Compactabilidad		--	
- Temperatura de la Mezcla, °C		140.0	

Proporciones de mezcla final (*):

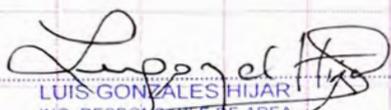
(1) Piedra chancada de 3/4", %	23.7
(2) Piedra Chancada 1/4", %	23.7
(3) Arena Chancada, %	29.4
(4) Arena Natural Lavada, %	16.1
(5) Finos, %	1.9

Materiales :

- Agregados	Cantera Rio Huaura
- Tipo de Asfalto	PEN 120 - 150
- Procedencia	Refinería Conchan

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total.


 LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

v°B°


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

ANEXO D-6

Determinación de la energía de compactación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfalticas compactadas"

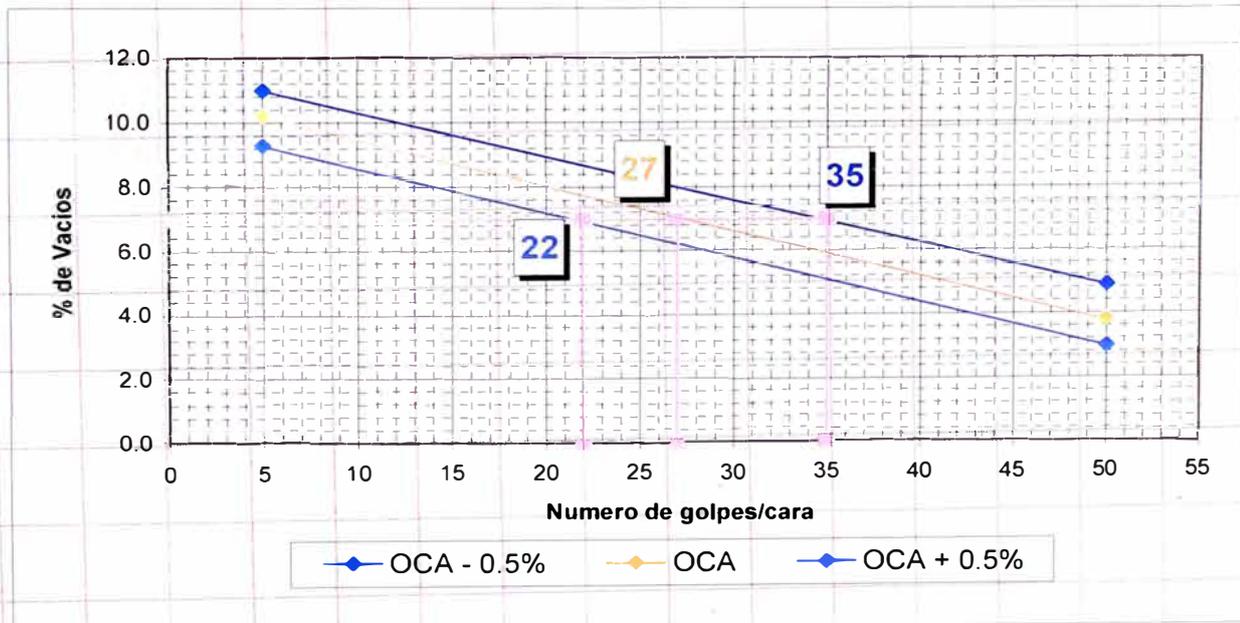
FECHA : 20, Julio del 2008

PESO UNITARIO DE MEZCLA COMPACTADA Y DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE VACÍOS

Material : Cantera Rio Huaura
Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan

N° de Golpes	% de asfalto en la mezcla	PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO ASTM D-2041	PESO ESPECIFICO APARENTE ASTM D-1188	% VACIOS ASTM D-3203
5	5.3	2.552	2.263	11.32
50	5.3	2.552	2.425	4.98
5	5.8	2.545	2.262	11.12
50	5.8	2.545	2.465	3.14
5	6.3	2.531	2.297	9.25
50	6.3	2.531	2.452	3.12

GRAFICO QUE DETERMINAR LA ENERGIA DE COMPACTACION



LUIS GONZALES HJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

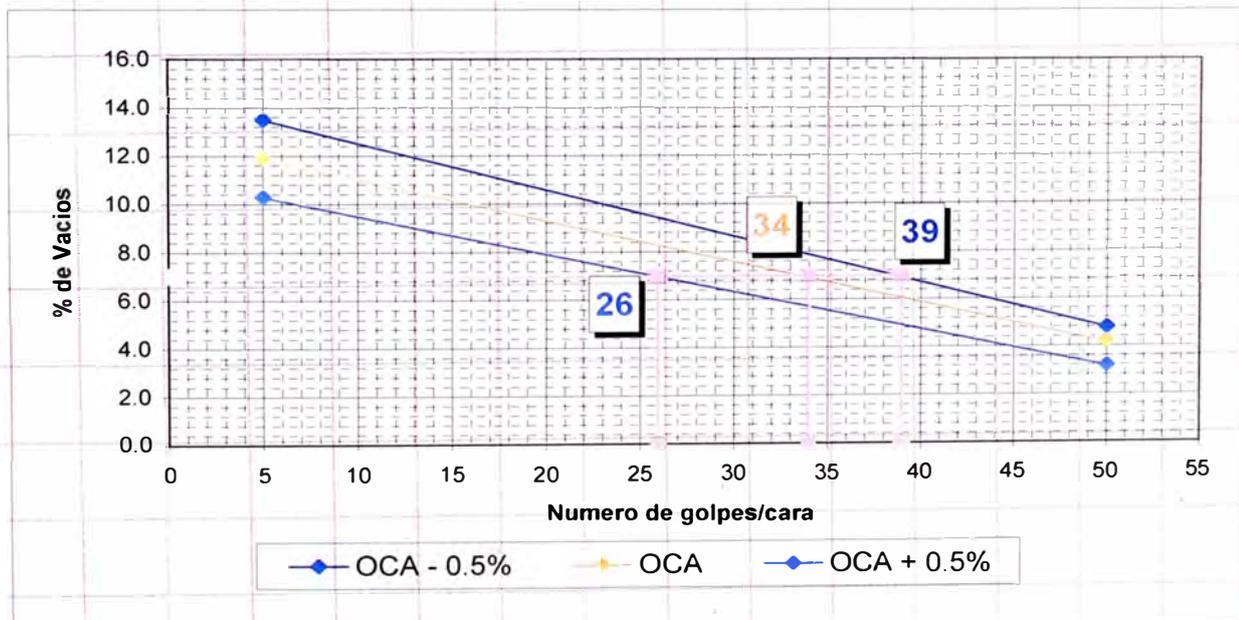
SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinación de la pérdida de adhesividad por tracción indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

PESO UNITARIO DE MEZCLA COMPACTADA Y DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE VACÍOS

Material : Cantera La Gloria
Asfalto : PEN 60/70 Refinería La Pampilla

N° de Golpes	% de asfalto en la mezcla	PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO ASTM D-2041	PESO ESPECIFICO APARENTE ASTM D-1188	% VACIOS ASTM D-3203
5	5.3	2.545	2.202	13.48
50	5.3	2.545	2.423	4.79
5	5.8	2.532	2.232	11.85
50	5.8	2.532	2.425	4.23
5	6.3	2.526	2.265	10.33
50	6.3	2.526	2.445	3.21

GRAFICO QUE DETERMINAR LA ENERGIA DE COMPACTACION



LUIS GONZALES HIJA
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B° JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

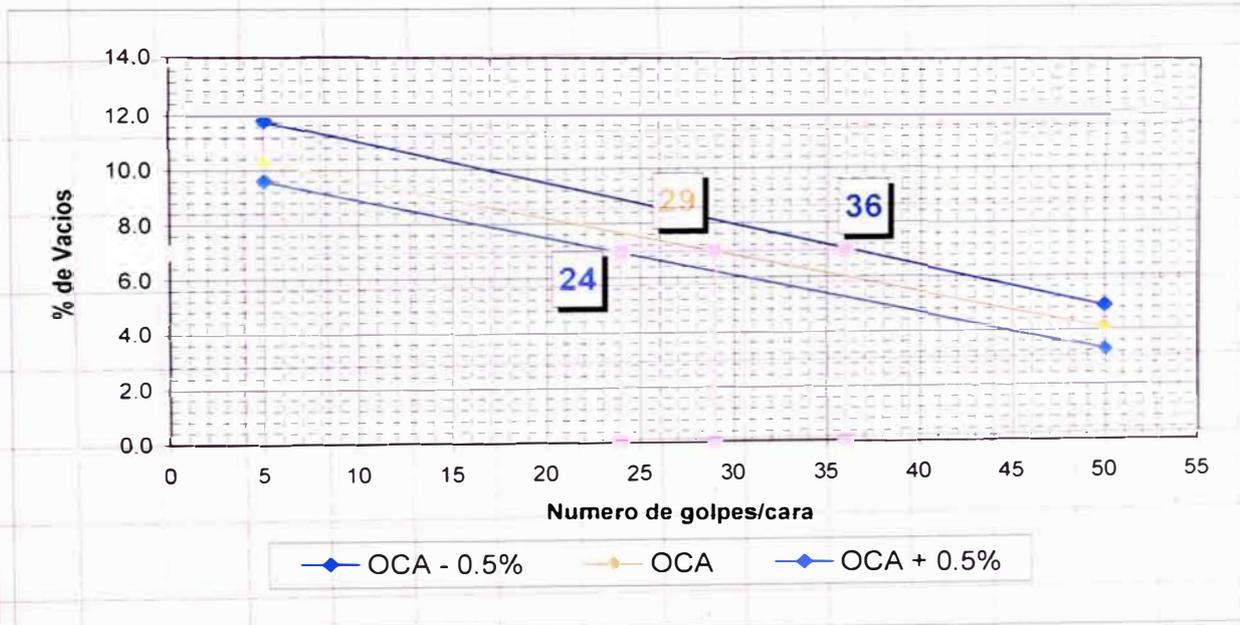
SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

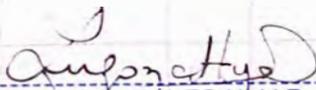
PESO UNITARIO DE MEZCLA COMPACTADA Y DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE VACÍOS

Material : Cantera La Gloria
Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan

N° de Golpes	% de asfalto en la mezcla	PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO ASTM D-2041	PESO ESPECIFICO APARENTE ASTM D-1188	% VACIOS ASTM D-3203
5	5.3	2.539	2.239	11.82
50	5.3	2.539	2.413	4.96
5	5.8	2.531	2.271	10.27
50	5.8	2.531	2.429	4.03
5	6.3	2.526	2.283	9.62
50	6.3	2.526	2.441	3.37

GRAFICO QUE DETERMINAR LA ENERGIA DE COMPACTACION




LUIS GONZALES HIJAR
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI


V°B° JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde

PROYECTO : Tesis " Determinación de la pérdida de adhesividad por tracción indirecta en mezclas asfálticas compactadas"

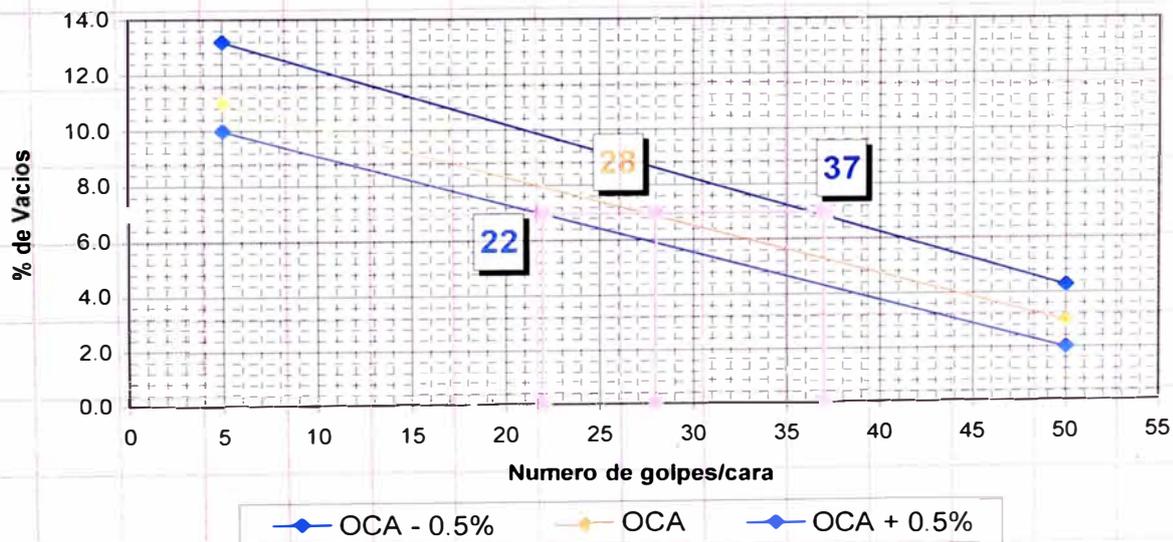
FECHA : 20, Julio del 2008

PESO UNITARIO DE MEZCLA COMPACTADA Y DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE VACÍOS

Material : Cantera Rio Huaura
Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla

N° de Golpes	% de asfalto en la mezcla	PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO ASTM D-2041	PESO ESPECIFICO APARENTE ASTM D-1188	% VACIOS ASTM D-3203
5	5.3	2.552	2.213	13.28
50	5.3	2.552	2.443	4.27
5	5.8	2.545	2.262	11.12
50	5.8	2.545	2.465	3.14
5	6.3	2.531	2.275	10.11
50	6.3	2.531	2.479	2.05

GRAFICO QUE DETERMINAR LA ENERGIA DE COMPACTACION



Luis Gonzales Hijar
LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

Jose Wilfredo Gutierrez Lazares
 V°B° **JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES**
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

ANEXO D-7

Ensayos a tracción indirecta para determinar
La pérdida de adhesividad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		LG1-I1	LG1-I2	LG1-I3	LG1-I4	LG1-I5	LG1-I6
% de Cemento Asfáltico			5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30
Diámetro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.55	6.54	6.56	6.56	6.56	6.59
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1258.3	1256.6	1257.8	1254.2	1257.3	1258.2
SSD de la Muestra	B	gr	1266.2	1265.8	1260.0	1263.8	1265.6	1260.2
Peso de la muestra en agua	C	gr	733.6	733.8	726.2	730.7	732.0	724.7
Volumen (B-C)	E	c.c	532.6	532.0	533.8	533.1	533.6	535.5
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.356	2.355	2.349	2.346	2.349	2.343
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.64	6.66	6.88	7.03	6.88	7.15
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	35.34	35.41	36.74	37.46	36.73	38.28
Carga	P	Kg	676	648	683			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				
SSD de la Muestra	B'	gr				
Peso de la muestra en agua	C'	gr				
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				
Saturación (100*J/V _a)		%				

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				640	663	638
Resistencia Seca [2P/t * D * π]	S ₁	Kg/cm2	6.47	6.21	6.52			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]	S ₂	Kg/cm2				6.12	6.33	6.07
Resistencia Seca [2P/t * D * π]		Mpa	0.634	0.609	0.639			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]		Mpa				0.600	0.621	0.595
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						96.5

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJA
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		LG1-I1	LG1-I2	LG1-I3	LG1-I7	LG1-I8	LG1-I9
% de Cemento Asfáltico			5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.55	6.54	6.56	6.61	6.50	6.55
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1258.3	1256.6	1257.8	1257.8	1243.1	1248.6
SSD de la Muestra	B	gr	1266.2	1265.8	1260.0	1267.6	1252.7	1250.8
Peso de la muestra en agua	C	gr	733.6	733.8	726.2	730.4	723.9	718.4
Volumen (B-C)	E	c.c	532.6	532.0	533.8	537.2	528.8	532.4
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.356	2.355	2.349	2.334	2.344	2.338
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.64	6.66	6.88	7.47	7.10	7.32
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	35.34	35.41	36.74	40.14	37.55	38.97
Carga	P	Kg	676	648	683			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1286.3	1272.2	1277.3
Peso de la muestra en agua	C'	gr				749	743.3	744.8
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				537.3	528.9	532.5
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				28.5	29.1	28.7
Saturación (100*J/V _a)		%				71.0	77.5	73.6

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				558	520	554
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	6.47	6.21	6.52			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				5.29	5.01	5.30
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.634	0.609	0.639			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.519	0.491	0.520
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					81.3	

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		LG1-I1	LG1-I2	LG1-I3	LG1-I10	LG1-I11	LG1-I12
% de Cemento Asfáltico			5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.55	6.54	6.56	6.56	6.62	6.64
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1258.3	1256.6	1257.8	1258.5	1257.6	1256.1
SSD de la Muestra	B	gr	1266.2	1265.8	1260.0	1266.0	1267.9	1263.0
Peso de la muestra en agua	C	gr	733.6	733.8	726.2	732.8	729.9	723.1
Volumen (B-C)	E	c.c	532.6	532.0	533.8	533.2	538.0	539.9
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.356	2.355	2.349	2.353	2.331	2.320
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.64	6.66	6.88	6.73	7.62	8.06
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	35.34	35.41	36.74	35.86	41.02	43.51
Carga	P	Kg	676	648	683			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1285.4	1289.8	1286.6
Peso de la muestra en agua	C'	gr				752.1	751.7	746.7
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				533.3	538.1	539.9
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				26.9	32.2	30.5
Saturación (100*J/V _a)		%				75.0	78.5	70.1

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				376	360	416
Resistencia Seca [2P/t * D * π]	S ₁	Kg/cm2	6.47	6.21	6.52			
Resistencia Húmeda [2P/t' * D * π]	S ₂	Kg/cm2				3.59	3.41	3.93
Resistencia Seca [2P/t * D * π]		Mpa	0.634	0.609	0.639			
Resistencia Húmeda [2P/t' * D * π]		Mpa				0.352	0.334	0.385
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					56.9	

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.80
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		LG1-O1	LG1-O2	LG1-O3	LG1-O4	LG1-O5	LG1-O6
% de Cemento Asfáltico			5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.58	6.53	6.58	6.57	6.54
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1263.1	1263.2	1264.1	1261.2	1262.3	1263.5
SSD de la Muestra	B	gr	1269.7	1263.4	1263.3	1267.6	1266.8	1263.5
Peso de la muestra en agua	C	gr	733.7	728.2	732.6	732.5	732.7	731.4
Volumen (B-C)	E	c.c	536.0	535.2	530.7	535.1	534.1	532.1
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.350	2.353	2.375	2.350	2.356	2.368
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.532	2.532	2.532	2.532	2.532	2.532
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.20	7.06	6.20	7.19	6.93	6.49
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	38.62	37.78	32.92	38.47	37.03	34.56
Carga	P	Kg	612	631	650			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				629	623	602
Resistencia Seca [2P/t * D * π]	S ₁	Kg/cm ²	5.82	6.01	6.24			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]	S ₂	Kg/cm ²				5.99	5.94	5.76
Resistencia Seca [2P/t * D * π]		Mpa	0.570	0.589	0.612			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]		Mpa				0.587	0.583	0.565
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					98.0	

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HAJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelo UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.80
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		LG1-O1	LG1-O2	LG1-O3	LG1-O7	LG1-O8	LG1-O9
% de Cemento Asfáltico			5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80
Diámetro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.58	6.53	6.59	6.56	6.54
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1263.1	1263.2	1264.1	1262.9	1262.5	1262.4
SSD de la Muestra	B	gr	1269.7	1263.4	1263.3	1264.8	1265.2	1264.3
Peso de la muestra en agua	C	gr	733.7	728.2	732.6	728.9	731.5	732.3
Volumen (B-C)	E	c.c	536.0	535.2	530.7	535.9	533.7	532.0
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.350	2.353	2.375	2.350	2.359	2.366
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.532	2.532	2.532	2.532	2.532	2.532
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.20	7.06	6.20	7.20	6.85	6.56
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	38.62	37.78	32.92	38.60	36.55	34.89
Carga	P	Kg	612	631	650			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1292.6	1288.2	1287.9
Peso de la muestra en agua	C'	gr				756.5	754.5	755.8
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				536.1	533.7	532.1
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				29.7	25.7	25.5
Saturación (100*J/V _a)		%				77.0	70.3	73.1

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				496	549	511
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	5.82	6.01	6.24			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.72	5.24	4.89
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.570	0.589	0.612			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.462	0.514	0.480
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					82.2	

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelo UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.80
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		LG1-O1	LG1-O2	LG1-O3	LG1-O10	LG1-O11	LG1-O12
% de Cemento Asfáltico			5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.58	6.53	6.53	6.54	6.56
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1263.1	1263.2	1264.1	1258.8	1261.4	1261.9
SSD de la Muestra	B	gr	1269.7	1263.4	1263.3	1268.1	1264.5	1265.4
Peso de la muestra en agua	C	gr	733.7	728.2	732.6	736.8	732.6	732.0
Volumen (B-C)	E	c.c	536.0	535.2	530.7	531.3	531.9	533.4
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.350	2.353	2.375	2.362	2.365	2.359
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.532	2.532	2.532	2.532	2.532	2.532
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.20	7.06	6.20	6.70	6.62	6.84
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	38.62	37.78	32.92	35.61	35.19	36.49
Carga	P	Kg	612	631	650			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1285.4	1288.8	1287.6
Peso de la muestra en agua	C'	gr				752.1	756.6	754.2
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				533.3	532.2	533.4
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				26.6	27.4	25.7
Saturación (100*J/V _a)		%				74.7	77.9	70.4

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				323	315	371
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	5.82	6.01	6.24			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.10	3.02	3.54
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.570	0.589	0.612			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.304	0.296	0.348
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					53.5	

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfalticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 6.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		LG1-S1	LG1-S2	LG1-S3	LG1-S4	LG1-S5	LG1-S6
% de Cemento Asfáltico			6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.54	6.52	6.55	6.62	6.53
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1261.9	1260.0	1260.5	1265.2	1266.9	1265.8
SSD de la Muestra	B	gr	1272.4	1270.4	1269.1	1270.6	1271.6	1277.1
Peso de la muestra en agua	C	gr	736.2	738.7	738.7	737.6	733.5	746.2
Volumen (B-C)	E	c.c	536.2	531.7	530.4	533.0	538.1	530.9
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.346	2.363	2.369	2.367	2.347	2.377
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.58	6.94	6.68	6.78	7.54	6.37
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	40.66	36.91	35.41	36.16	40.60	33.83
Carga	P	Kg	572	583	547			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				557	573	591
Resistencia Seca [2P/t'D*π]	S ₁	Kg/cm2	5.44	5.59	5.25			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				5.32	5.43	5.67
Resistencia Seca [2P/t'D*π]		Mpa	0.533	0.548	0.515			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.522	0.532	0.556
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					100.9	

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALEZ HIZAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 6.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		LG1-S1	LG1-S2	LG1-S3	LG1-S7	LG1-S8	LG1-S9
% de Cemento Asfáltico			6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.54	6.52	6.61	6.59	6.49
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1261.9	1260.0	1260.5	1264.5	1264.9	1264.4
SSD de la Muestra	B	gr	1272.4	1270.4	1269.1	1271.2	1273.1	1261.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	736.2	738.7	738.7	733.9	737.1	733.7
Volumen (B-C)	E	c.c	536.2	531.7	530.4	537.3	536.0	527.9
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.346	2.363	2.369	2.346	2.353	2.388
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.58	6.94	6.68	7.58	7.33	5.94
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	40.66	36.91	35.41	40.74	39.28	31.38
Carga	P	Kg	572	583	547			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1293.6	1293.2	1287.9
Peso de la muestra en agua	C'	gr				756.2	757.2	755.8
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				537.4	536	532.1
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				29.1	28.3	23.5
Saturación (100*J/V _a)		%				71.4	72.0	74.9

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				446	461	457
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	5.44	5.59	5.25			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.23	4.38	4.41
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.533	0.548	0.515			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.415	0.430	0.433
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					80.0	

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842



INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 6.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		LG1-S1	LG1-S2	LG1-S3	LG1-S10	LG1-S11	LG1-S12
% de Cemento Asfáltico			6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.54	6.52	6.56	6.53	6.57
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1261.9	1260.0	1260.5	1259.3	1265.7	1266.1
SSD de la Muestra	B	gr	1272.4	1270.4	1269.1	1270.2	1273.6	1269.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	736.2	738.7	738.7	736.4	742.9	735.1
Volumen (B-C)	E	c.c	536.2	531.7	530.4	533.8	530.7	534.5
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.346	2.363	2.369	2.352	2.378	2.362
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.58	6.94	6.68	7.36	6.34	6.98
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	40.66	36.91	35.41	39.28	33.67	37.31
Carga	P	Kg	572	583	547			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1288.4	1289.8	1292.6
Peso de la muestra en agua	C'	gr				754.5	759	757.8
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				533.9	530.8	534.8
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				29.1	24.1	26.5
Saturación (100*J/V _a)		%				74.1	71.6	71.0

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				327	348	316
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	5.44	5.59	5.25			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.12	3.34	3.01
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.533	0.548	0.515			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.306	0.328	0.295
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					58.2	

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJA
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 4.60
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		LG2-I1	LG2-I2	LG2-I3	LG2-I4	LG2-I5	LG2-I6
% de Cemento Asfáltico			4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.49	6.53	6.53	6.44	6.47	6.51
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1253.8	1252.0	1254.1	1249.9	1249.5	1248.1
SSD de la Muestra	B	gr	1259.8	1256.0	1254.1	1249.9	1256.0	1259.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	732.3	725.4	723.2	726.2	730.0	730.4
Volumen (B-C)	E	c.c	527.5	530.6	530.9	523.7	526.0	529.2
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.370	2.353	2.355	2.380	2.368	2.352
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.55	7.23	7.13	6.17	6.61	7.27
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	34.56	38.37	37.84	32.29	34.75	38.50
Carga	P	Kg	499	494	481			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				438	469	557
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	4.82	4.74	4.62			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.26	4.54	5.36
Resistencia Seca [2P/t'D*π]		Mpa	0.473	0.465	0.453			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.418	0.446	0.526
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					99.9	

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HUAR

ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 4.60
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		LG2-11	LG2-12	LG2-13	LG2-17	LG2-18	LG2-19
% de Cemento Asfáltico			4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.49	6.53	6.53	6.50	6.54	6.62
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1253.8	1252.0	1254.1	1254.4	1252.0	1253.5
SSD de la Muestra	B	gr	1259.8	1256.0	1254.1	1261.0	1260.5	1261.3
Peso de la muestra en agua	C	gr	732.3	725.4	723.2	732.1	729.1	723.3
Volumen (B-C)	E	c.c	527.5	530.6	530.9	528.9	531.4	538.0
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.370	2.353	2.355	2.365	2.349	2.323
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.55	7.23	7.13	6.75	7.37	8.40
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	34.56	38.37	37.84	35.72	39.17	45.18
Carga	P	Kg	499	494	481			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg. 635 mmHg)

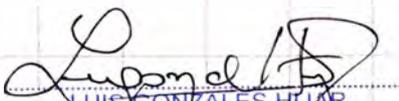
Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1280.6	1282.2	1286.9
Peso de la muestra en agua	C'	gr				751.6	750.6	748.9
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				529	531.6	538
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				26.2	30.2	33.4
Saturación (100*J/V _a)		%				73.3	77.1	73.9

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				424	373	405
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	4.82	4.74	4.62			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.08	3.58	3.84
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.473	0.465	0.453			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.401	0.351	0.376
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						81.4

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZALES HIJO
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 4.60
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		LG2-I1	LG2-I2	LG2-I3	LG2-I10	LG2-I11	LG2-I12
% de Cemento Asfáltico			4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.49	6.53	6.53	6.51	6.46	6.57
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1253.8	1252.0	1254.1	1253.9	1246.8	1251.3
SSD de la Muestra	B	gr	1259.8	1256.0	1254.1	1256.8	1257.1	1260.4
Peso de la muestra en agua	C	gr	732.3	725.4	723.2	727.7	731.8	726.5
Volumen (B-C)	E	c.c	527.5	530.6	530.9	529.1	525.3	533.9
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.370	2.353	2.355	2.363	2.366	2.337
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.55	7.23	7.13	6.83	6.68	7.86
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	34.56	38.37	37.84	36.12	35.11	41.94
Carga	P	Kg	499	494	481			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

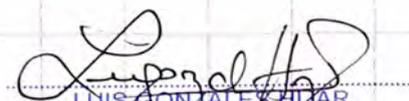
Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1280.4	1271.8	1283.6
Peso de la muestra en agua	C'	gr				751.3	746.5	749.5
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				529.1	525.3	534.1
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				26.5	25.0	32.3
Saturación (100*J/V _a)		%				73.4	71.2	77.0

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				336	308	311
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	4.82	4.74	4.62			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.24	2.99	2.97
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.473	0.465	0.453			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]		Mpa				0.317	0.293	0.291
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					65.0	

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZALEZ HUAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.10
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		LG2-O1	LG2-O2	LG2-O3	LG2-O4	LG2-O5	LG2-O6
% de Cemento Asfáltico			5.10	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.54	6.51	6.68	6.51	6.59	6.58
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1258.5	1258.3	1257.6	1259.6	1257.2	1258.1
SSD de la Muestra	B	gr	1259.7	1255.3	1270.4	1255.7	1262.5	1265.1
Peso de la muestra en agua	C	gr	728.0	726.3	727.2	726.2	726.8	730.3
Volumen (B-C)	E	c.c	531.7	529.0	543.2	529.5	535.7	534.8
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.360	2.372	2.308	2.372	2.340	2.346
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.531	2.531	2.531	2.531	2.531	2.531
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.76	6.30	8.80	6.29	7.55	7.33
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	35.93	33.31	47.79	33.30	40.44	39.19
Carga	P	Kg	433	473	456			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				471	456	465
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	4.15	4.56	4.28			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.53	4.34	4.43
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.407	0.447	0.419			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.444	0.425	0.434
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						102.4

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecanica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecanica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.10
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		LG2-O1	LG2-O2	LG2-O3	LG2-O7	LG2-O8	LG2-O9
% de Cemento Asfáltico			5.10	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.54	6.51	6.68	6.60	6.48	6.52
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1258.5	1258.3	1257.6	1258.9	1257.4	1257.8
SSD de la Muestra	B	gr	1259.7	1255.3	1270.4	1263.1	1262.1	1266.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	728.0	726.3	727.2	726.3	735.1	736.6
Volumen (B-C)	E	cc	531.7	529.0	543.2	536.8	527.0	530.0
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/cc	2.360	2.372	2.308	2.338	2.379	2.366
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/cc	2.531	2.531	2.531	2.531	2.531	2.531
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.76	6.30	8.80	7.61	6.01	6.51
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	cc	35.93	33.31	47.79	40.87	31.67	34.51
Carga	P	Kg	433	473	456			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1287.6	1280.2	1284.9
Peso de la muestra en agua	C'	gr				750.8	753.2	754.7
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc				536.8	527	530.2
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc				28.7	22.8	27.1
Saturación (100*J/V _a)		%				70.2	72.0	78.5

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				411	416	366
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm ²	4.15	4.56	4.28			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm ²				3.90	4.02	3.52
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.407	0.447	0.419			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.383	0.394	0.345
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					88.1	

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZÁLEZ HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos U NI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.10
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFÁLTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		LG2-O1	LG2-O2	LG2-O3	LG2-O10	LG2-O11	LG2-O12
% de Cemento Asfáltico			5.10	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.54	6.51	6.68	6.47	6.50	6.56
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1258.5	1258.3	1257.6	1258.4	1255.4	1256.1
SSD de la Muestra	B	gr	1259.7	1255.3	1270.4	1261.9	1253.6	1262.4
Peso de la muestra en agua	C	gr	728.0	726.3	727.2	735.9	725.1	728.9
Volumen (B-C)	E	c.c	531.7	529.0	543.2	526.0	528.5	533.5
P. e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.360	2.372	2.308	2.385	2.368	2.348
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.531	2.531	2.531	2.531	2.531	2.531
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.76	6.30	8.80	5.76	6.42	7.25
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	35.93	33.31	47.79	30.27	33.95	38.68
Carga	P	Kg	433	473	456			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1280.4	1280.8	1285.6
Peso de la muestra en agua	C'	gr				751.3	752.1	749.8
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				529.1	528.7	535.8
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				22.0	25.4	29.5
Saturación (100*J/V _a)		%				72.7	74.8	76.3

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				339	356	325
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	4.15	4.56	4.28			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.28	3.43	3.10
Resistencia Seca [2P/t'D*π]		Mpa	0.407	0.447	0.419			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.322	0.337	0.304
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					75.8	

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas

y Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZÁLEZ HIJA
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSÉ WILFREDO GUTIÉRREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842



INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nirthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.60
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		LG2-S1	LG2-S2	LG2-S3	LG2-S4	LG2-S5	LG2-S6
% de Cemento Asfáltico			5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.65	6.59	6.57	6.61	6.61	6.61
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1265.4	1261.3	1263.2	1261.9	1262.0	1262.3
SSD de la Muestra	B	gr	1271.9	1268.0	1266.6	1269.9	1268.6	1266.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	731.2	731.8	732.7	732.3	731.5	728.9
Volumen (B-C)	E	c.c	540.7	536.2	533.9	537.6	537.1	537.7
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.333	2.345	2.359	2.340	2.343	2.341
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.526	2.526	2.526	2.526	2.526	2.526
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.62	7.15	6.61	7.35	7.26	7.34
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	41.23	38.35	35.30	39.51	38.97	39.45
Carga	P	Kg	422	403	482			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				417	431	462
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	3.98	3.83	4.60			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.95	4.09	4.38
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.390	0.376	0.451			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.388	0.401	0.429
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						100.1

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HUAR

ING. RESPONSABLE DE AREA

Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES

ING. JEFE DEL LABORATORIO

Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.60
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		LG2-S1	LG2-S2	LG2-S3	LG2-S7	LG2-S8	LG2-S9
% de Cemento Asfáltico			5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.65	6.59	6.57	6.59	6.53	6.62
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1265.4	1261.3	1263.2	1260.6	1261.8	1260.8
SSD de la Muestra	B	gr	1271.9	1268.0	1266.6	1267.9	1252.3	1268.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	731.2	731.8	732.7	732.1	721.1	730.6
Volumen (B-C)	E	c.c	540.7	536.2	533.9	535.8	531.2	538.0
P.e, Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.333	2.345	2.359	2.346	2.368	2.337
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.526	2.526	2.526	2.526	2.526	2.526
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.62	7.15	6.61	7.13	6.24	7.50
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	41.23	38.35	35.30	38.22	33.15	40.34
Carga	P	Kg	422	403	482			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

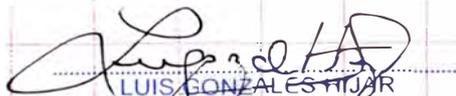
Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1287.6	1286.9	1289.9
Peso de la muestra en agua	C'	gr				750.8	755.6	751.9
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				536.8	531.3	538
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				27.0	25.1	29.1
Saturación (100*J/V _a)		%				70.6	75.7	72.1

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				378	333	336
Resistencia Seca [2P/t * D * π]	S ₁	Kg/cm2	3.98	3.83	4.60			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]	S ₂	Kg/cm2				3.59	3.19	3.18
Resistencia Seca [2P/t * D * π]		Mpa	0.390	0.376	0.451			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]		Mpa				0.352	0.313	0.312
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					80.4	

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZALES NIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20 Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : La Gloria % Asfalto en la Mezcla 5.60
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		LG2-S1	LG2-S2	LG2-S3	LG2-S10	LG2-S11	LG2-S12
% de Cemento Asfáltico			5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.65	6.59	6.57	6.56	6.58	6.56
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1265.4	1261.3	1263.2	1264.6	1259.6	1263.5
SSD de la Muestra	B	gr	1271.9	1268.0	1266.6	1260.1	1267.0	1262.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	731.2	731.8	732.7	726.9	732.2	729.3
Volumen (B-C)	E	c.c	540.7	536.2	533.9	533.2	534.8	533.3
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.333	2.345	2.359	2.365	2.348	2.362
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.526	2.526	2.526	2.526	2.526	2.526
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.62	7.15	6.61	6.38	7.03	6.48
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	41.23	38.35	35.30	34.04	37.62	34.58
Carga	P	Kg	422	403	482			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

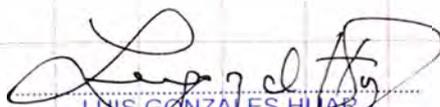
Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1289.4	1287.8	1290.6
Peso de la muestra en agua	C'	gr				756.1	752.9	757
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				533.3	534.9	533.6
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				24.8	28.2	27.1
Saturación (100*J/V _a)		%				72.8	75.0	78.4

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				338	293	288
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	3.98	3.83	4.60			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.23	2.79	2.75
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.390	0.376	0.451			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]		Mpa				0.317	0.274	0.270
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						70.7

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZALES HUAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		RH1-I1	RH1-I2	RH1-I3	RH1-I4	RH1-I5	RH1-I6
% de Cemento Asfáltico			5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.61	6.55	6.57	6.60	6.65	6.59
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1257.4	1258.6	1258.2	1257.9	1261.8	1258.5
SSD de la Muestra	B	gr	1261.0	1261.6	1260.0	1260.9	1262.1	1260.2
Peso de la muestra en agua	C	gr	724.4	729.4	726.2	724.7	722.3	724.7
Volumen (B-C)	E	c.c	536.6	532.2	533.8	536.2	539.8	535.5
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.339	2.361	2.353	2.342	2.333	2.346
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.552	2.552	2.552	2.552	2.552	2.552
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	8.34	7.50	7.80	8.24	8.57	8.07
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	44.77	39.90	41.66	44.17	46.25	43.24
Carga	P	Kg	838	816	803			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				609	573	580
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	7.95	7.80	7.66			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]	S ₂	Kg/cm2				5.78	5.40	5.51
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.779	0.765	0.751			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]		Mpa				0.567	0.530	0.541
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					71.3	

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALEZ HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20 Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		RH1-I1	RH1-I2	RH1-I3	RH1-I7	RH1-I8	RH1-I9
% de Cemento Asfáltico			5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.61	6.55	6.57	6.54	6.62	6.56
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1257.4	1258.6	1258.2	1257.8	1255.3	1248.5
SSD de la Muestra	B	gr	1261.0	1261.6	1260.0	1258.8	1257.3	1250.8
Peso de la muestra en agua	C	gr	724.4	729.4	726.2	728.0	720.0	718.4
Volumen (B-C)	E	c.c	536.6	532.2	533.8	530.8	537.3	532.4
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.339	2.361	2.353	2.365	2.332	2.341
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.552	2.552	2.552	2.552	2.552	2.552
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	8.34	7.50	7.80	7.31	8.62	8.27
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	44.77	39.90	41.66	38.81	46.29	44.05
Carga	P	Kg	838	816	803			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.65
SSD de la Muestra	B'	gr				1285.2	1291.3	1280.8
Peso de la muestra en agua	C'	gr				743.4	746.6	742.4
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				541.8	544.7	538.4
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				27.4	36.0	32.3
Saturación (100*J/V _a)		%				70.6	77.8	73.3

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				466	490	462
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	7.95	7.80	7.66			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.47	4.64	4.42
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.779	0.765	0.751			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.438	0.455	0.433
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					57.8	

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALEZ HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		RH1-I1	RH1-I2	RH1-I3	RH1-I10	RH1-I11	RH1-I12
% de Cemento Asfáltico			5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.61	6.55	6.57	6.59	6.59	6.65
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1257.4	1258.6	1258.2	1262.6	1255.7	1260.4
SSD de la Muestra	B	gr	1261.0	1261.6	1260.0	1263.0	1257.1	1263.0
Peso de la muestra en agua	C	gr	724.4	729.4	726.2	727.8	721.6	723.1
Volumen (B-C)	E	c.c	536.6	532.2	533.8	535.2	535.5	539.9
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.339	2.361	2.353	2.355	2.341	2.330
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.552	2.552	2.552	2.552	2.552	2.552
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	8.34	7.50	7.80	7.72	8.28	8.69
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	44.77	39.90	41.66	41.34	44.34	46.90
Carga	P	Kg	838	816	803			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.63	6.66	6.57
SSD de la Muestra	B'	gr				1292.7	1287.5	1293.7
Peso de la muestra en agua	C'	gr				750.7	746.2	745.6
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				542	541.3	548.1
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				30.1	31.8	33.3
Saturación (100*J/V _a)		%				72.8	71.7	71.0

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				415	428	393
Resistencia Seca [2P/t * D * π]	S ₁	Kg/cm ²	7.95	7.80	7.66			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]	S ₂	Kg/cm ²				3.95	4.07	3.70
Resistencia Seca [2P/t * D * π]		Mpa	0.779	0.765	0.751			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]		Mpa				0.387	0.399	0.363
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					50.1	

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.80
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		RH1-O1	RH1-O2	RH1-O3	RH1-O4	RH1-O5	RH1-O6
% de Cemento Asfáltico			5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.58	6.53	6.58	6.57	6.54
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1267.5	1262.1	1262.1	1265.8	1264.9	1262.4
SSD de la Muestra	B	gr	1269.7	1263.4	1263.3	1267.6	1266.8	1263.5
Peso de la muestra en agua	C	gr	733.7	728.2	732.6	732.5	732.7	731.4
Volumen (B-C)	E	c.c	536.0	535.2	530.7	535.1	534.1	532.1
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.358	2.351	2.371	2.359	2.361	2.365
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.36	7.61	6.83	7.33	7.22	7.05
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	39.43	40.75	36.25	39.20	38.55	37.53
Carga	P	Kg	797	796	813			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

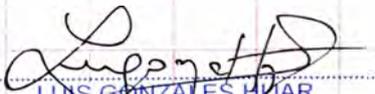
ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				590	582	623
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	7.58	7.58	7.81			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				5.62	5.55	5.97
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.743	0.743	0.765			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.551	0.544	0.585
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					74.6	

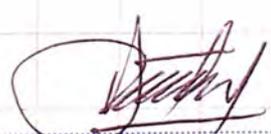
NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZÁLEZ HUAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.80
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		RH1-O1	RH1-O2	RH1-O3	RH1-O7	RH1-O8	RH1-O9
% de Cemento Asfáltico			5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.58	6.53	6.59	6.56	6.54
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1267.5	1262.1	1262.1	1262.9	1263.7	1263.5
SSD de la Muestra	B	gr	1269.7	1263.4	1263.3	1264.8	1265.2	1264.3
Peso de la muestra en agua	C	gr	733.7	728.2	732.6	728.9	731.5	732.3
Volumen (B-C)	E	c.c	536.0	535.2	530.7	535.9	533.7	532.0
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.358	2.351	2.371	2.350	2.361	2.368
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.36	7.61	6.83	7.68	7.24	6.96
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	39.43	40.75	36.25	41.14	38.62	37.00
Carga	P	Kg	797	796	813			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO

Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1294.1	1291.1	1290
Peso de la muestra en agua	C'	gr				751.8	750.9	751.6
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				542.3	540.2	538.4
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				31.2	27.4	26.5
Saturación (100*J/V _a)		%				75.8	70.9	71.6

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				473	487	438
Resistencia Seca [2P/l'*D*π]	S ₁	Kg/cm2	7.58	7.58	7.81			
Resistencia Húmeda [2P/l'*D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.50	4.65	4.19
Resistencia Seca [2P/l'*D*π]		Mpa	0.743	0.743	0.765			
Resistencia Húmeda [2P/l'*D*π]		Mpa				0.441	0.456	0.411
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					58.1	

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZÁLEZ HIJA
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20 Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.80
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		RH1-O1	RH1-O2	RH1-O3	RH1-O10	RH1-O11	RH1-O12
% de Cemento Asfáltico			5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	5.80
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.58	6.53	6.53	6.54	6.56
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1267.5	1262.1	1262.1	1267.3	1263.5	1264.7
SSD de la Muestra	B	gr	1269.7	1263.4	1263.3	1268.1	1264.5	1265.4
Peso de la muestra en agua	C	gr	733.7	728.2	732.6	736.8	732.6	732.0
Volumen (B-C)	E	c.c	536.0	535.2	530.7	531.3	531.9	533.4
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.358	2.351	2.371	2.378	2.368	2.364
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545	2.545
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.36	7.61	6.83	6.55	6.94	7.11
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	39.43	40.75	36.25	34.81	36.90	37.93
Carga	P	Kg	797	796	813			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO

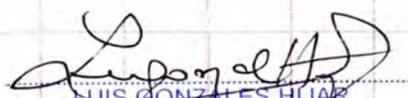
Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1291.3	1290.1	1292.3
Peso de la muestra en agua	C'	gr				753	752.8	759.5
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				538.3	537.3	532.8
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				24.0	26.6	27.6
Saturación (100*J/V _a)		%				68.9	72.1	72.8

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

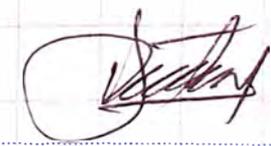
Carga		Kg				420	398	413
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	7.58	7.58	7.81			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.03	3.81	3.94
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.743	0.743	0.765			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]		Mpa				0.395	0.374	0.387
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						51.3

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfalticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 6.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		RH1-S1	RH1-S2	RH1-S3	RH1-S4	RH1-S5	RH1-S6
% de Cemento Asfáltico			6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.54	6.52	6.55	6.62	6.53
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1271.8	1270.0	1268.5	1269.9	1270.1	1276.7
SSD de la Muestra	B	gr	1272.4	1270.4	1269.1	1270.6	1271.6	1277.1
Peso de la muestra en agua	C	gr	736.2	738.7	738.7	737.6	733.5	746.2
Volumen (B-C)	E	c.c	536.2	531.7	530.4	533.0	538.1	530.9
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.365	2.382	2.385	2.376	2.353	2.398
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.86	6.20	6.08	6.44	7.31	5.57
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	36.77	32.98	32.27	34.32	39.34	29.55
Carga	P	Kg	765	775	789			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				620	609	591
Resistencia Seca [2P/t'D*π]	S ₁	Kg/cm2	7.27	7.43	7.58			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				5.93	5.77	5.67
Resistencia Seca [2P/t'D*π]		Mpa	0.713	0.728	0.743			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.581	0.565	0.556
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						78.0

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HAJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Niltson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 6.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		RH1-S1	RH1-S2	RH1-S3	RH1-S7	RH1-S8	RH1-S9
% de Cemento Asfáltico			6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.54	6.52	6.61	6.59	6.49
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1271.8	1270.0	1268.5	1270.6	1271.4	1261.1
SSD de la Muestra	B	gr	1272.4	1270.4	1269.1	1271.2	1273.1	1261.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	736.2	738.7	738.7	733.9	737.1	733.7
Volumen (B-C)	E	c.c	536.2	531.7	530.4	537.3	536.0	527.9
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.365	2.382	2.385	2.358	2.365	2.382
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.86	6.20	6.08	7.14	6.85	6.19
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	36.77	32.98	32.27	38.34	36.73	32.67
Carga	P	Kg	765	775	789			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

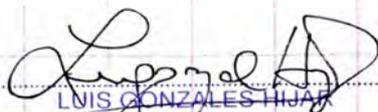
Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1298.3	1297.6	1284.1
Peso de la muestra en agua	C'	gr				751.4	755.2	750.7
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				546.9	542.4	533.4
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				27.7	26.2	23.0
Saturación (100*J/V _a)		%				72.2	71.3	70.4

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

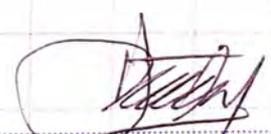
Carga		Kg				515	512	461
Resistencia Seca [2P/t * D * π]	S ₁	Kg/cm2	7.27	7.43	7.58			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]	S ₂	Kg/cm2				4.88	4.87	4.45
Resistencia Seca [2P/t * D * π]		Mpa	0.713	0.728	0.743			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]		Mpa				0.479	0.477	0.436
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					63.7	

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZALES HUAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 6.30
 Asfalto : PEN 60/70 Refineria La Pampilla % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		RH1-S1	RH1-S2	RH1-S3	RH1-S10	RH1-S11	RH1-S12
% de Cemento Asfáltico			6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.59	6.54	6.52	6.56	6.53	6.57
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1271.8	1270.0	1268.5	1269.5	1273.0	1268.8
SSD de la Muestra	B	gr	1272.4	1270.4	1269.1	1270.2	1273.6	1269.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	736.2	738.7	738.7	736.4	742.9	735.1
Volumen (B-C)	E	c.c	536.2	531.7	530.4	533.8	530.7	534.5
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.365	2.382	2.385	2.371	2.392	2.367
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539	2.539
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.86	6.20	6.08	6.61	5.80	6.78
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	36.77	32.98	32.27	35.28	30.80	36.25
Carga	P	Kg	765	775	789			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1296.5	1295.6	1295.3
Peso de la muestra en agua	C'	gr				755.9	757.4	753.1
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				540.6	538.2	542.2
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				27.0	22.6	26.5
Saturación (100*J/V _a)		%				76.5	73.4	73.1

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				420	379	383
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	7.27	7.43	7.58			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.01	3.64	3.65
Resistencia Seca [2P/t'D*π]		Mpa	0.713	0.728	0.743			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.393	0.357	0.358
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						50.7

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJA
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 4.70
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		RH2-I1	RH2-I2	RH2-I3	RH2-I4	RH2-I5	RH2-I6
% de Cemento Asfáltico			4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.49	6.53	6.55	6.54	6.47	6.51
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1257.9	1253.7	1251.2	1251.9	1251.4	1255.2
SSD de la Muestra	B	gr	1259.8	1256.0	1256.0	1257.7	1256.0	1259.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	732.3	725.4	723.2	726.2	730.0	730.4
Volumen (B-C)	E	c.c	527.5	530.6	532.8	531.5	526.0	529.2
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.378	2.356	2.341	2.348	2.372	2.365
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	5.76	6.63	7.20	6.92	5.98	6.27
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	30.40	35.16	38.35	36.77	31.47	33.16
Carga	P	Kg	603	622	594			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				500	538	557
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	5.82	5.97	5.68			
Resistencia Húmeda [2P/t*D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.79	5.21	5.36
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.571	0.586	0.557			
Resistencia Húmeda [2P/t*D*π]		Mpa				0.470	0.511	0.526
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					87.9	

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HAJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab de Mecanica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab de Mecanica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 4.70
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		RH2-I1	RH2-I2	RH2-I3	RH2-I7	RH2-I8	RH2-I9
% de Cemento Asfáltico			4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.49	6.53	6.55	6.50	6.54	6.62
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1257.9	1253.7	1251.2	1258.2	1257.4	1254.4
SSD de la Muestra	B	gr	1259.8	1256.0	1256.0	1261.0	1260.5	1261.3
Peso de la muestra en agua	C	gr	732.3	725.4	723.2	732.1	729.1	723.3
Volumen (B-C)	E	c.c	527.5	530.6	532.8	528.9	531.4	538.0
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.378	2.356	2.341	2.372	2.359	2.325
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	5.76	6.63	7.20	5.99	6.49	7.86
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	30.40	35.16	38.35	31.68	34.50	42.28
Carga	P	Kg	603	622	594			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1281.2	1283.2	1287
Peso de la muestra en agua	C'	gr				749.6	751.6	748.7
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				531.6	531.6	538.3
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				23.0	25.8	32.6
Saturación (100*J/V _a)		%				72.6	74.8	77.1

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				392	466	363
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	5.82	5.97	5.68			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.78	4.47	3.44
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.571	0.586	0.557			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]		Mpa				0.370	0.438	0.337
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					66.8	

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 4.70
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		RH2-I1	RH2-I2	RH2-I3	RH2-I10	RH2-I11	RH2-I12
% de Cemento Asfáltico			4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
Diámetro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.49	6.53	6.55	6.51	6.46	6.57
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1257.9	1253.7	1251.2	1253.1	1254.5	1256.5
SSD de la Muestra	B	gr	1259.8	1256.0	1256.0	1256.8	1257.1	1260.4
Peso de la muestra en agua	C	gr	732.3	725.4	723.2	727.7	731.8	726.5
Volumen (B-C)	E	c.c	527.5	530.6	532.8	529.1	525.3	533.9
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.378	2.356	2.341	2.361	2.381	2.346
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	5.76	6.63	7.20	6.41	5.62	7.00
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	30.40	35.16	38.35	33.89	29.54	37.35
Carga	P	Kg	603	622	594			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

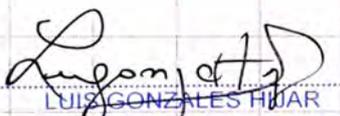
Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1278.1	1276.1	1285.1
Peso de la muestra en agua	C'	gr				749	750.7	751
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				529.1	525.4	534.1
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				25.0	21.6	28.6
Saturación (100*J/V _a)		%				73.8	73.1	76.6

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

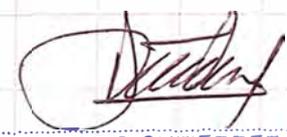
Carga		Kg				368	356	348
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	5.82	5.97	5.68			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.54	3.45	3.32
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.571	0.586	0.557			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.348	0.339	0.326
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						59.0

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZALES HUAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20 Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.20
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		RH2-O1	RH2-O2	RH2-O3	RH2-O4	RH2-O5	RH2-O6
% de Cemento Asfáltico			5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.54	6.51	6.68	6.51	6.59	6.58
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1256.3	1255.8	1265.5	1253.0	1260.0	1263.5
SSD de la Muestra	B	gr	1259.7	1255.3	1270.4	1255.7	1262.5	1265.1
Peso de la muestra en agua	C	gr	728.0	726.3	727.2	726.2	726.8	730.3
Volumen (B-C)	E	c.c	531.7	529.0	543.2	529.5	535.7	534.8
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.356	2.367	2.323	2.359	2.345	2.356
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.63	6.19	7.93	6.48	7.05	6.64
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	35.23	32.73	43.09	34.33	37.77	35.48
Carga	P	Kg	592	595	573			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				557	547	581
Resistencia Seca [2P/t * D * π]	S ₁	Kg/cm2	5.67	5.73	5.37			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]	S ₂	Kg/cm2				5.36	5.20	5.54
Resistencia Seca [2P/t * D * π]		Mpa	0.556	0.562	0.527			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]		Mpa				0.526	0.510	0.543
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					95.9	

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nithson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.20
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		RH2-O1	RH2-O2	RH2-O3	RH2-O7	RH2-O8	RH2-O9
% de Cemento Asfáltico			5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.54	6.51	6.68	6.60	6.48	6.52
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1256.3	1255.8	1265.5	1260.1	1260.7	1264.2
SSD de la Muestra	B	gr	1259.7	1255.3	1270.4	1263.3	1262.1	1266.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	728.0	726.3	727.2	726.3	735.1	736.6
Volumen (B-C)	E	c.c	531.7	529.0	543.2	537.0	527.0	530.0
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.356	2.367	2.323	2.340	2.385	2.378
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.63	6.19	7.93	7.27	5.46	5.74
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	35.23	32.73	43.09	39.03	28.79	30.41
Carga	P	Kg	592	595	573			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1293.1	1277.2	1293
Peso de la muestra en agua	C'	gr				757.4	745	755.2
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				535.7	532.2	537.8
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				33.0	16.5	28.8
Saturación (100*J/V _a)		%				84.6	57.3	94.7

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				361	416	333
Resistencia Seca [2P/t * D * π]	S ₁	Kg/cm ²	5.67	5.73	5.37			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]	S ₂	Kg/cm ²				3.43	4.02	3.20
Resistencia Seca [2P/t * D * π]		Mpa	0.556	0.562	0.527			
Resistencia Húmeda [2P/t * D * π]		Mpa				0.336	0.394	0.314
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					63.5	

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALEZ HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.20
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		RH2-O1	RH2-O2	RH2-O3	RH2-O10	RH2-O11	RH2-O12
% de Cemento Asfáltico			5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20
Diámetro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.54	6.51	6.68	6.47	6.50	6.56
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1256.3	1255.8	1265.5	1259.9	1251.5	1259.9
SSD de la Muestra	B	gr	1259.7	1255.3	1270.4	1261.9	1253.6	1262.4
Peso de la muestra en agua	C	gr	728.0	726.3	727.2	735.9	725.1	728.9
Volumen (B-C)	E	c.c	531.7	529.0	543.2	526.0	528.5	533.5
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.356	2.367	2.323	2.388	2.361	2.355
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523	2.523
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	6.63	6.19	7.93	5.34	6.42	6.67
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	35.23	32.73	43.09	28.11	33.93	35.61
Carga	P	Kg	592	595	573			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1284.2	1289.6	1288.1
Peso de la muestra en agua	C'	gr				751.4	755.1	754.8
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				532.8	534.5	533.3
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				24.3	38.1	28.2
Saturación (100*J/V _a)		%				86.5	112.3	79.2

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				357	349	340
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	5.67	5.73	5.37			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.46	3.36	3.25
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.556	0.562	0.527			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]		Mpa				0.339	0.330	0.318
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						50.0

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°

JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfalticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.70
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Leve		
	Muestra N°		RH2-S1	RH2-S2	RH2-S3	RH2-S4	RH2-S5	RH2-S6
% de Cemento Asfáltico			5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.65	6.59	6.57	6.61	6.61	6.61
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1270.8	1266.7	1265.6	1268.9	1267.4	1265.2
SSD de la Muestra	B	gr	1271.9	1268.0	1266.6	1269.9	1268.6	1266.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	731.2	731.8	732.7	732.3	731.5	728.9
Volumen (B-C)	E	c.c	540.7	536.2	533.9	537.6	537.1	537.7
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.343	2.355	2.363	2.353	2.353	2.346
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.521	2.521	2.521	2.521	2.521	2.521
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.05	6.57	6.25	6.65	6.67	6.94
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	38.10	35.22	33.36	35.75	35.85	37.32
Carga	P	Kg	528	568	536			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm					
SSD de la Muestra	B'	gr					
Peso de la muestra en agua	C'	gr					
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.					
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.					
Saturación (100*J/V _a)		%					

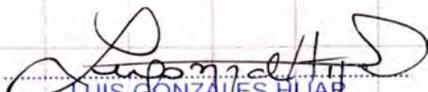
ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				507	540	541
Resistencia Seca [2P/t'D*π]	S ₁	Kg/cm2	4.98	5.40	5.12			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				4.81	5.12	5.13
Resistencia Seca [2P/t'D*π]		Mpa	0.488	0.529	0.502			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.471	0.502	0.503
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						97.2

NOTA:

Acondicionamiento leve: Saturado a 60°C por 24 horas

Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZALEZ HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinación de la pérdida de adhesividad por tracción indirecta en mezclas asfálticas compactadas"
FECHA : 20 Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.70
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Medio		
	Muestra N°		RH2-S1	RH2-S2	RH2-S3	RH2-S7	RH2-S8	RH2-S9
% de Cemento Asfáltico			5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.65	6.59	6.57	6.59	6.53	6.62
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1270.8	1266.7	1265.6	1267.0	1250.4	1267.1
SSD de la Muestra	B	gr	1271.9	1268.0	1266.6	1267.9	1252.3	1268.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	731.2	731.8	732.7	732.1	721.1	730.6
Volumen (B-C)	E	c.c	540.7	536.2	533.9	535.8	531.2	538.0
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.343	2.355	2.363	2.358	2.347	2.348
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.521	2.521	2.521	2.521	2.521	2.521
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.05	6.57	6.25	6.48	6.90	6.85
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	38.10	35.22	33.36	34.70	36.67	36.86
Carga	P	Kg	528	568	536			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

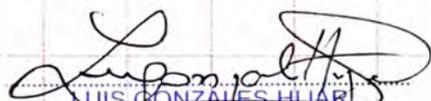
Espesor	t'	cm				6.68	6.65	6.64
SSD de la Muestra	B'	gr				1293.1	1277.2	1293
Peso de la muestra en agua	C'	gr				757.4	745	755.2
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				535.7	532.2	537.8
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				26.1	26.8	25.9
Saturación (100*J/V _a)		%				75.2	73.1	70.3

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				410	369	432
Resistencia Seca [2P/t'D*π]	S ₁	Kg/cm2	4.98	5.40	5.12			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.90	3.54	4.09
Resistencia Seca [2P/t'D*π]		Mpa	0.488	0.529	0.502			
Resistencia Húmeda [2P/t' *D*π]		Mpa				0.382	0.347	0.401
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%						74.4

NOTA:

Acondicionamiento Moderado: Saturado al vacio 5 a 10 minutos y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C


 LUIS GONZALES HUAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab de Mecánica de Suelos UNI

V°B°


 JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S08 - 554

SOLICITANTE : Bach. Ing. Nilthson Noreña Valverde
PROYECTO : Tesis " Determinacion de la perdida de adhesividad por traccion indirecta en mezclas asfalticas compactadas"
FECHA : 20, Julio del 2008

REPORTE DE ENSAYO DE LABORATORIO

Cantera : Rio Huaura % Asfalto en la Mezcla 5.70
 Asfalto : PEN 120/150 Refineria Conchan % de vacios 6 - 8

ENSAYO LOTTMAN - EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS AASHTO T283-03

ENSAYO	Estado		Sin Acondicionamiento			Acondicionamiento Severo		
	Muestra N°		RH2-S1	RH2-S2	RH2-S3	RH2-S10	RH2-S11	RH2-S12
% de Cemento Asfáltico			5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70
Diametro	D	cm	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16
Espesor	t	cm	6.65	6.59	6.57	6.56	6.58	6.56
Peso de la Muestra Seca al Aire	A	gr	1270.8	1266.7	1265.6	1258.0	1265.0	1261.2
SSD de la Muestra	B	gr	1271.9	1268.0	1266.6	1260.1	1267.0	1262.6
Peso de la muestra en agua	C	gr	731.2	731.8	732.7	726.9	732.2	729.3
Volumen (B-C)	E	c.c	540.7	536.2	533.9	533.2	534.8	533.3
P.e. Bulk de la Muestra (A/E)	G _{mb}	gr/c.c	2.343	2.355	2.363	2.352	2.358	2.358
ASTM D-2041	G _{mm}	gr/c.c	2.521	2.521	2.521	2.521	2.521	2.521
Vacios (100(G _{mm} -G _{mb})/G _{mm})	P _a	%	7.05	6.57	6.25	6.69	6.45	6.47
Volumen de vacios (P _a *E/100)	V _a	c.c	38.10	35.22	33.36	35.66	34.50	34.50
Carga	P	Kg	528	568	536			

ETAPA DE SATURACION AL VACIO (25 inHg, 635 mmHg)

Espesor	t'	cm				6.62	6.65	6.56
SSD de la Muestra	B'	gr				1284.2	1289.6	1288.1
Peso de la muestra en agua	C'	gr				751.4	755.1	754.8
Volumen de la muestra (B' - C')	E'	cc.				532.8	534.5	533.3
Volumen de Agua Absorbida(B'-A)	J	cc.				26.2	24.6	26.9
Saturación (100*J/V _s)		%				73.5	71.3	78.0

ETAPA DE ROTURA EN LA MORDAZA

Carga		Kg				321	332	329
Resistencia Seca [2P/t*D*π]	S ₁	Kg/cm2	4.98	5.40	5.12			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]	S ₂	Kg/cm2				3.07	3.16	3.14
Resistencia Seca [2P/t*D*π]		Mpa	0.488	0.529	0.502			
Resistencia Húmeda [2P/t *D*π]		Mpa				0.301	0.310	0.308
Visual daños causados por humedad								
Cracked/Broken Aggregate								
RRT	S ₂ /S ₁	%					60.5	

NOTA:

Acondicionamiento Severo: Saturado al vacio 5 a 10 minutos, luego congelado a -18°C ± 6°C por 16 horas y Saturado a 60°C por 24 horas
 Antes de someter a la carga de rotura todas las muestras son estabilizados por baño a 25°C

LUIS GONZALES HIJAR
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

VºBº

JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
 ING. JEFE DEL LABORATORIO
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI

ANEXO E

Fotografías de ensayos de Laboratorio.

Materiales



Cantera La Gloria



Cantera Río Huaura



Asfalto



Piedra Chancada



Arena Chancada

Ensayos para el diseño Marshall



Mezcla Asfáltica para el ensayo Rice



Quitando los vacíos para el Rice



Peso y temperatura de la mezcla luego de quitar los vacíos



Mezclando para compactar las briquetas



Llenando el molde con la mezcla



Compactación de las briquetas

Elaboración de Briquetas para ensayos a tracción indirecta según AASHTO T-283



(a) Adición del asfalto previamente calentada en horno, a los agregados.



(b) Mezclado de componentes.



(c) Temperatura de mezcla determinado de acuerdo a la carta de viscosidad.



(d) Proceso de curado a temperatura de ambiente durante 2 horas.



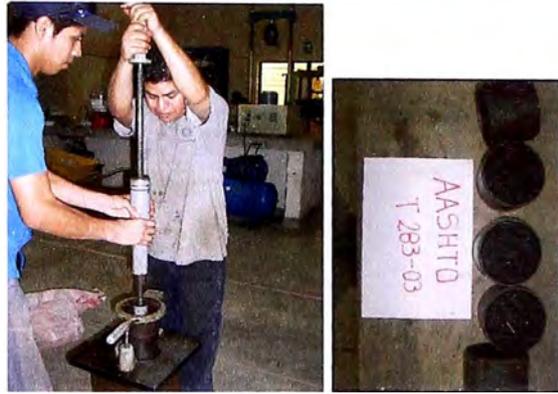
(e) Proceso de curado en horno a 60°C durante 16 horas.



(f) Calentado en horno de la mezcla a temperatura de compactación por espacio de 2 horas



(g) Colocación de la muestra en el molde Compactador



(h) Compactación de acuerdo a la energía calculada



(i) Cantidad de muestra elaborada

Acondicionamiento y rotura a tracción indirecta



(a) Separación de muestras por grupos para su acondicionamiento.



(b) saturación forzada.



(c) saturación forzada al vacío en el equipo Rice.



(d) Control del grado de saturación.



(e) embolsado de muestras que van a ser congeladas o sometidos a inmersión.



(f) proceso de congelamiento a -18°C durante 16 horas



(g) proceso de inmersión a 60°C durante 24 horas



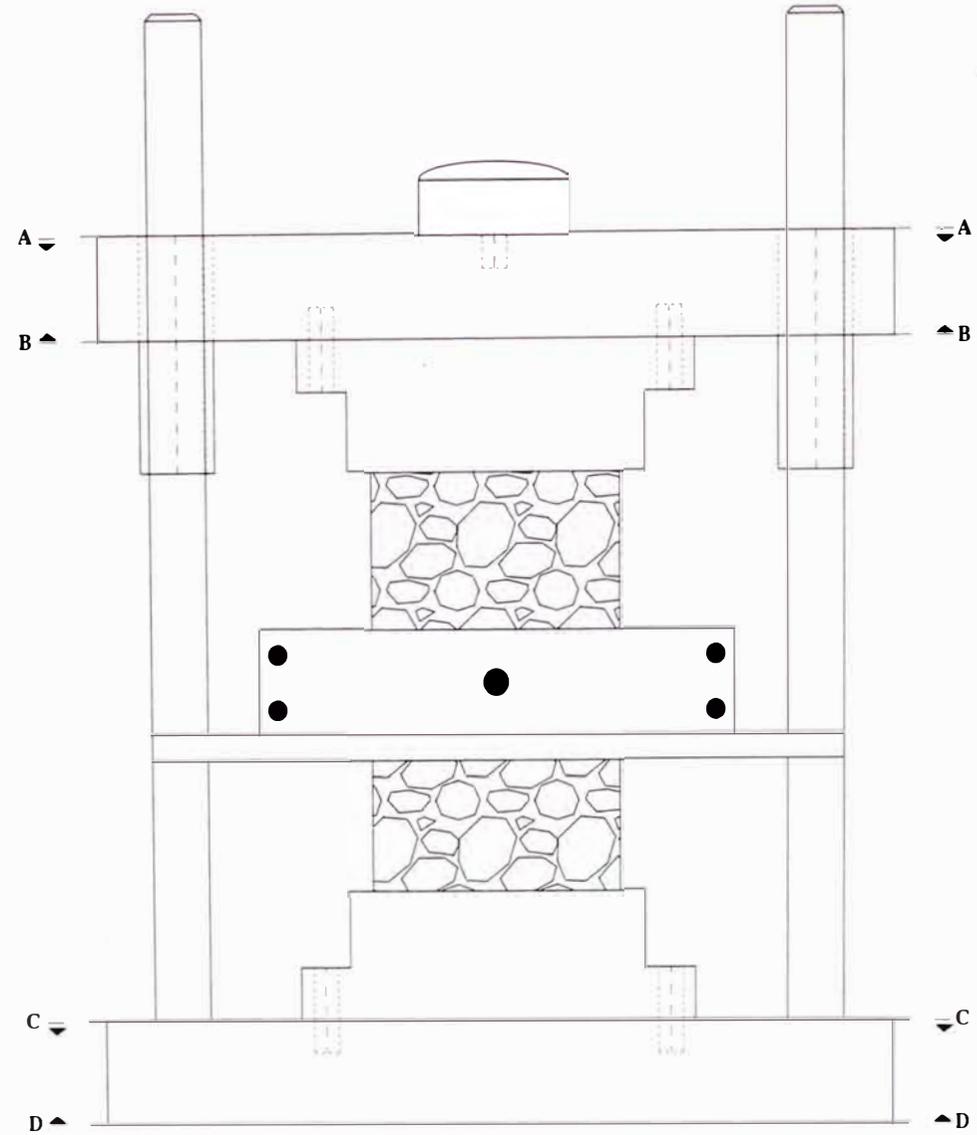
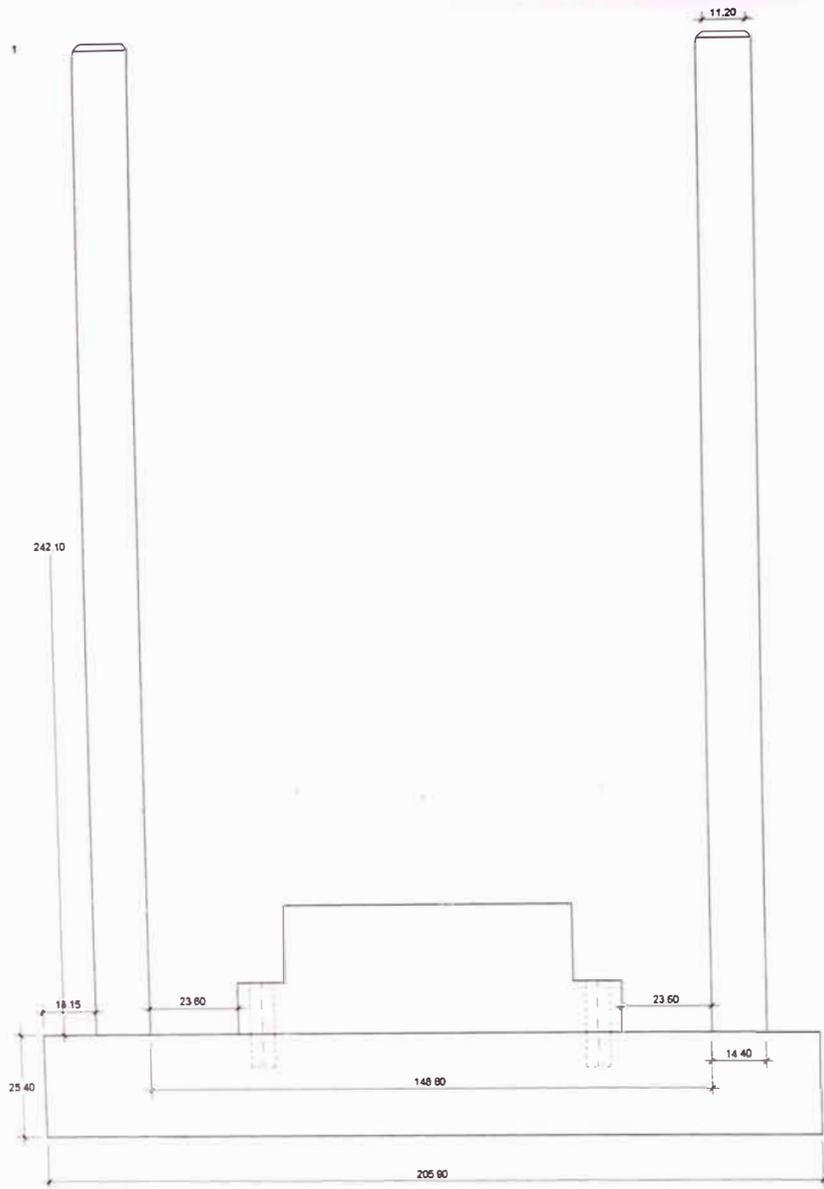
(h) rotura de muestras a tracción indirecta

ANEXO F

Instrumentación e implementación del
Estabilómetro Marshall.

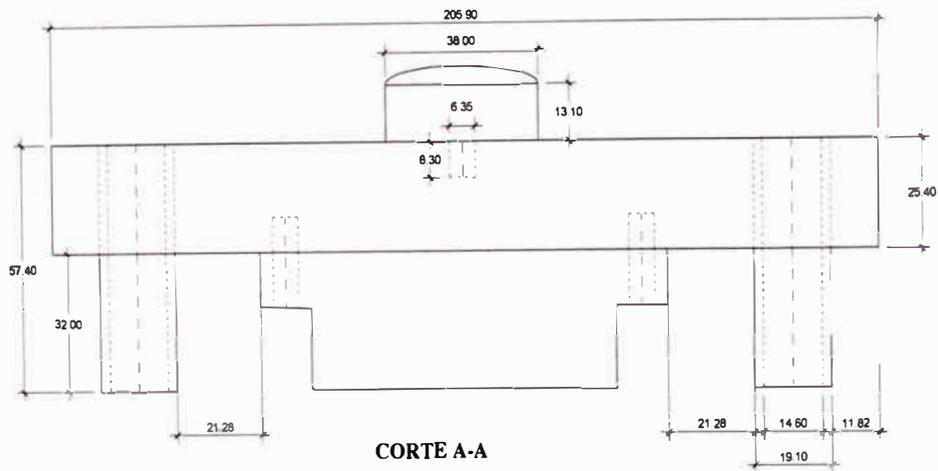
ANEXO F-1

Planos de diseño de la mordaza.

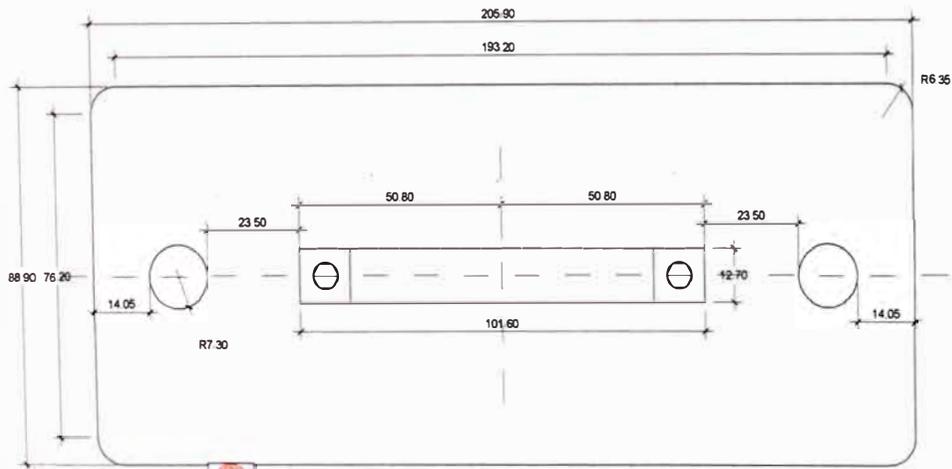


MORDAZA PARA ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA
EN MEZCLAS ASFALTICAS (accesorio del NAT)

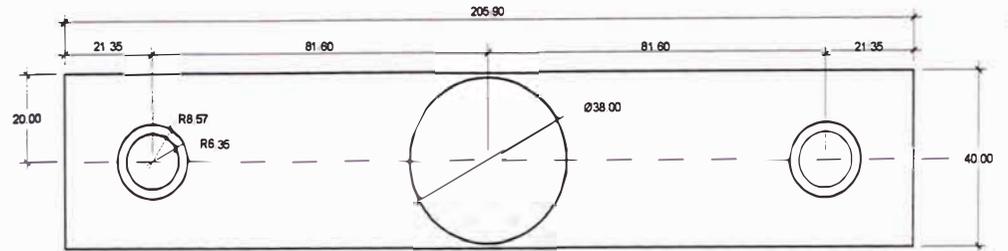
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO N° 2 DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
PROYECTO	ESCALA 1:1	
TESIS: DETERMINACION DE LA PERDIDA DE ADHESIVIDAD POR TRACCION INDIRECTA EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS	FECHA ABR 2008	
TESISTA BACH NILTHSON NOREÑA VALVERDE	PLANO	
ASESOR ING JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES	L1	
ASISTENTE Juliana Meza López		
	DESARROLLO	N Noreña V



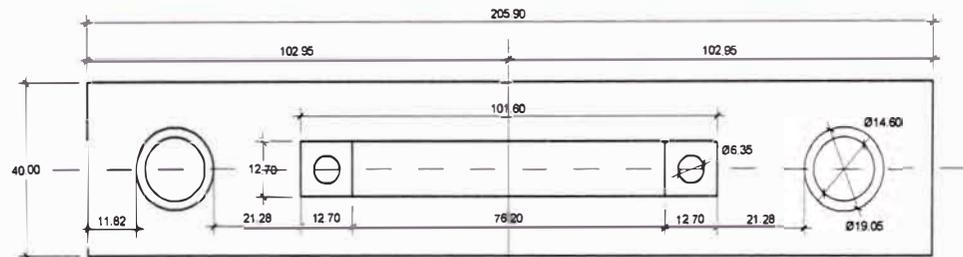
CORTE A-A



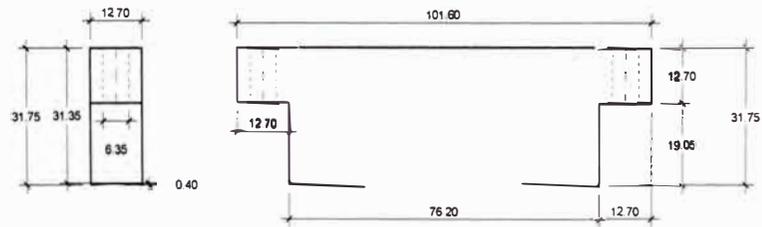
CORTE C-C



CORTE A-A

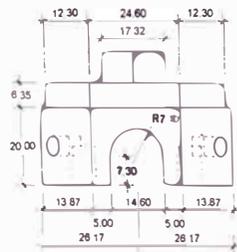
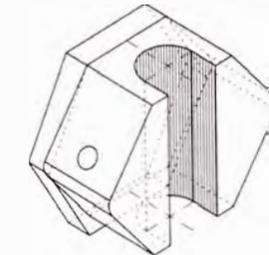
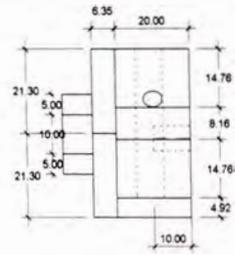
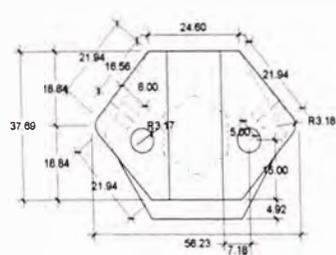
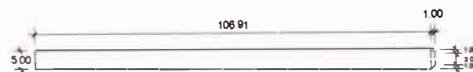
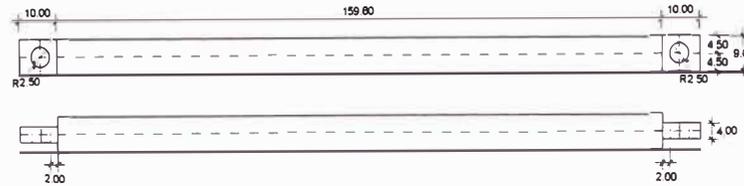
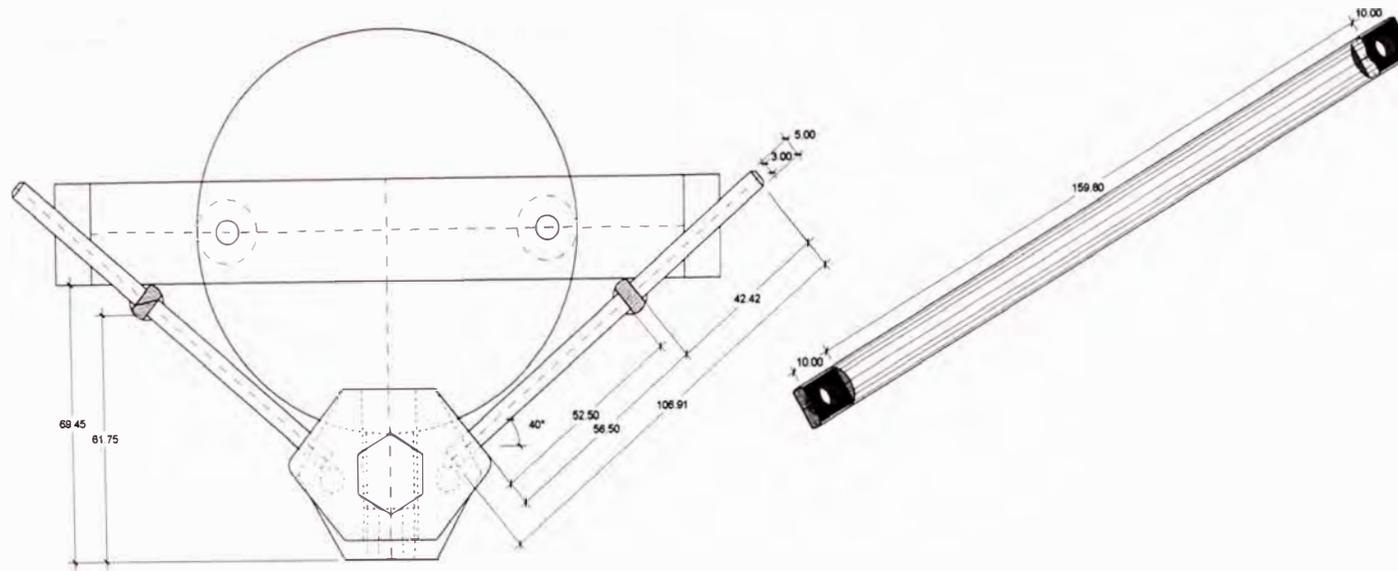


CORTE B-B

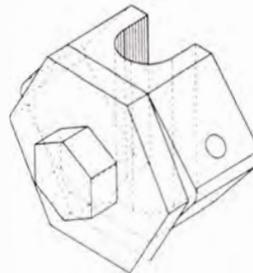


CORTE DE LA MORDAZA DE CARGA SUPERIOR E INFERIOR

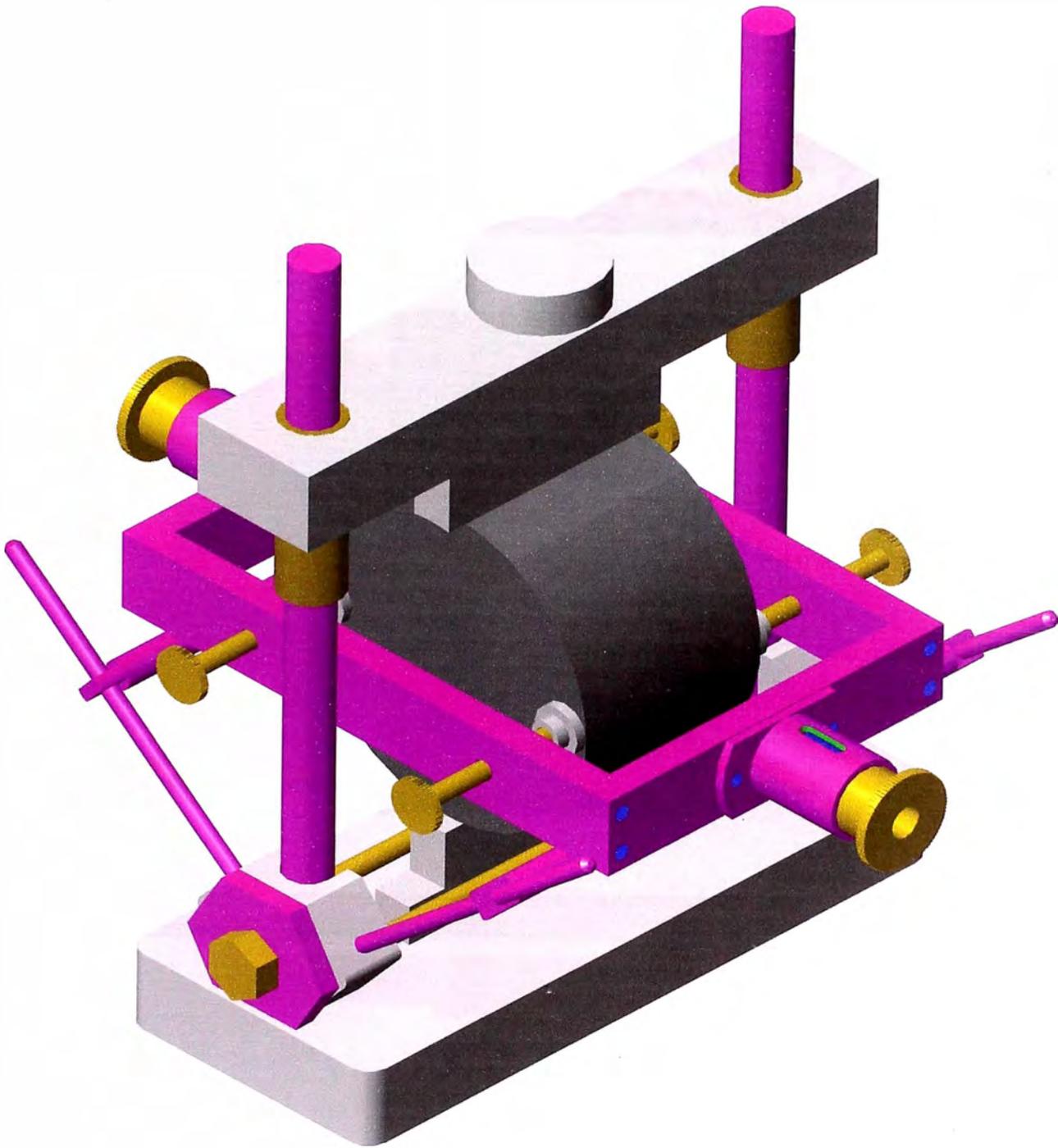
 UNUNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO N° 2 DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
TEBISTA BACH. NILTHSON NOREÑA VALVERDE	ASESOR ING. JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES	FECHA ABR 2008
ASISTENTE Juliana Meza López	DESARROLLO N. Noreña V.	PLANO L2



MARCO DE ALINEACIÓN

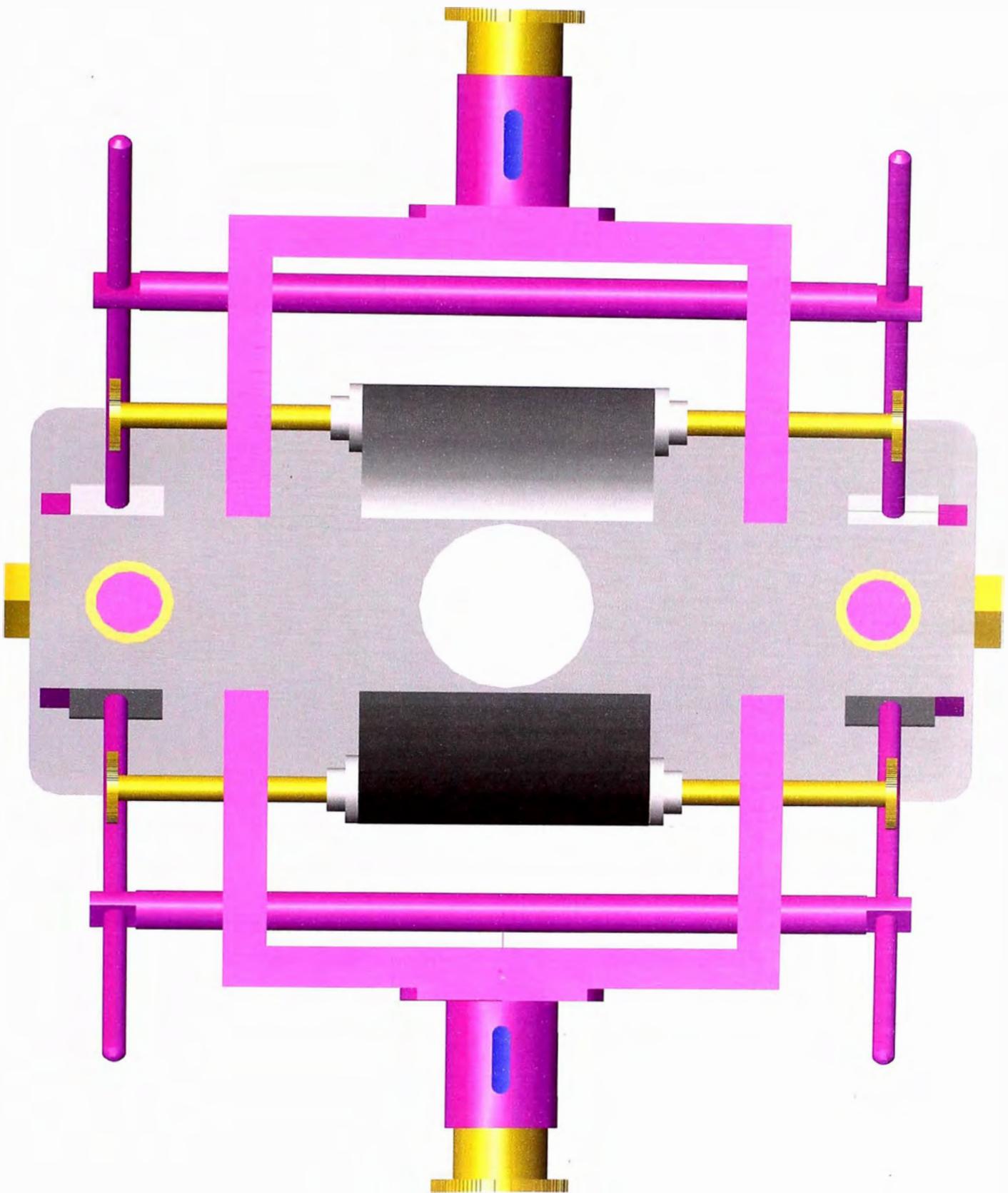


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO N° 2 DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
TESISISTA BACH. NILTHSON NOREÑA VALVERDE		PLANO
ASESOR ING. JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES		L3
ASISTENTE Juliana Meza López	DESARROLLO N. Noreña V	



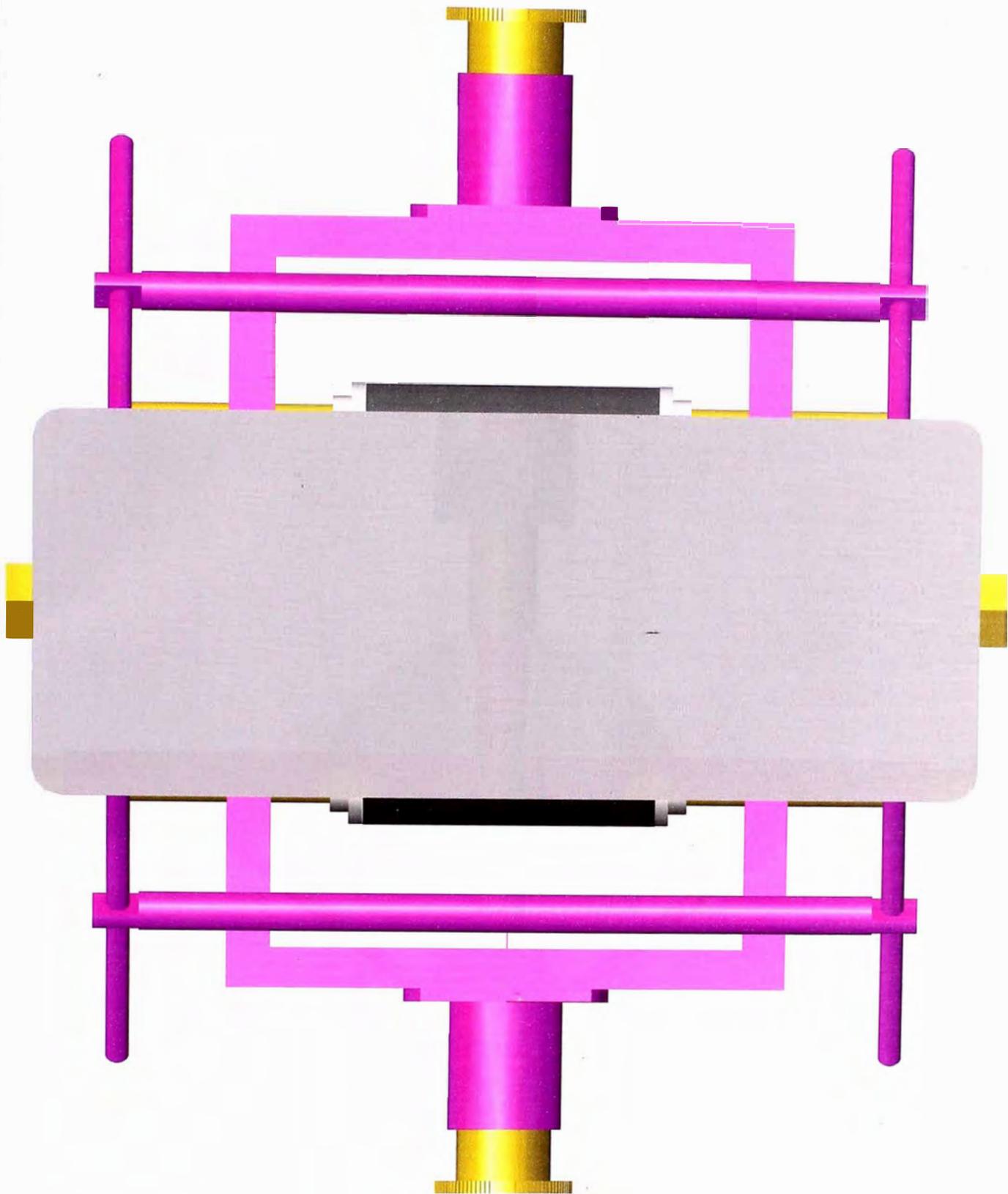
MORDAZA PARA ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA
EN MEZCLAS ASFALTICAS (accesorio del NAT)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO N° 2 DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
PROYECTO TESIS: DETERMINACION DE LA PERDIDA DE ADHESION POR TRACCION INDIRECTA EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS		ESCALA 1:1 FECHA ABR. 2006 PLANO
TESISISTA BACH. ING. NILTHSON NOREÑA VALVERDE		<h1>L4</h1>
ASESOR ING. JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES		
ASISTENTE Juliana Meza López	DESARROLLO N. Noreña V.	



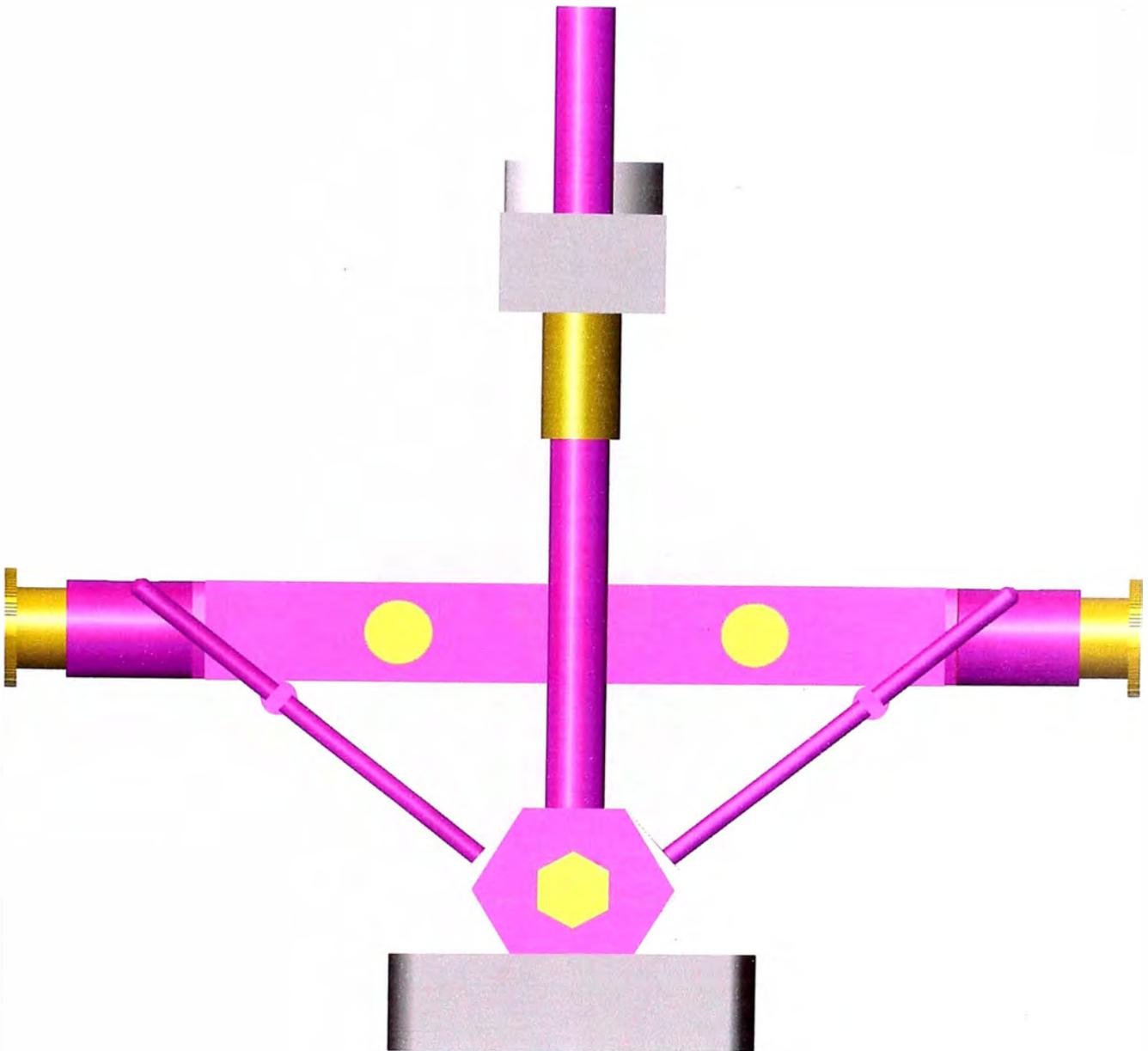
ISTA SUPERIOR (desde arriba)

 UNUNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO N° 2 DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
PROYECTO TESIS: DETERMINACION DE LA PERDIDA DE ADHESIVIDAD POR TRACCION INDIRECTA EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS		ESCALA 1:1 FECHA ABR 2006 PLANO
TESISTA BACH. NILTHSON NOREÑA VALVERDE		<h1>L5</h1>
ASESOR ING. JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES		
ASISTENTE Juliana Meza López	DESARROLLO N. Noreña V.	



VISTA INFERIOR

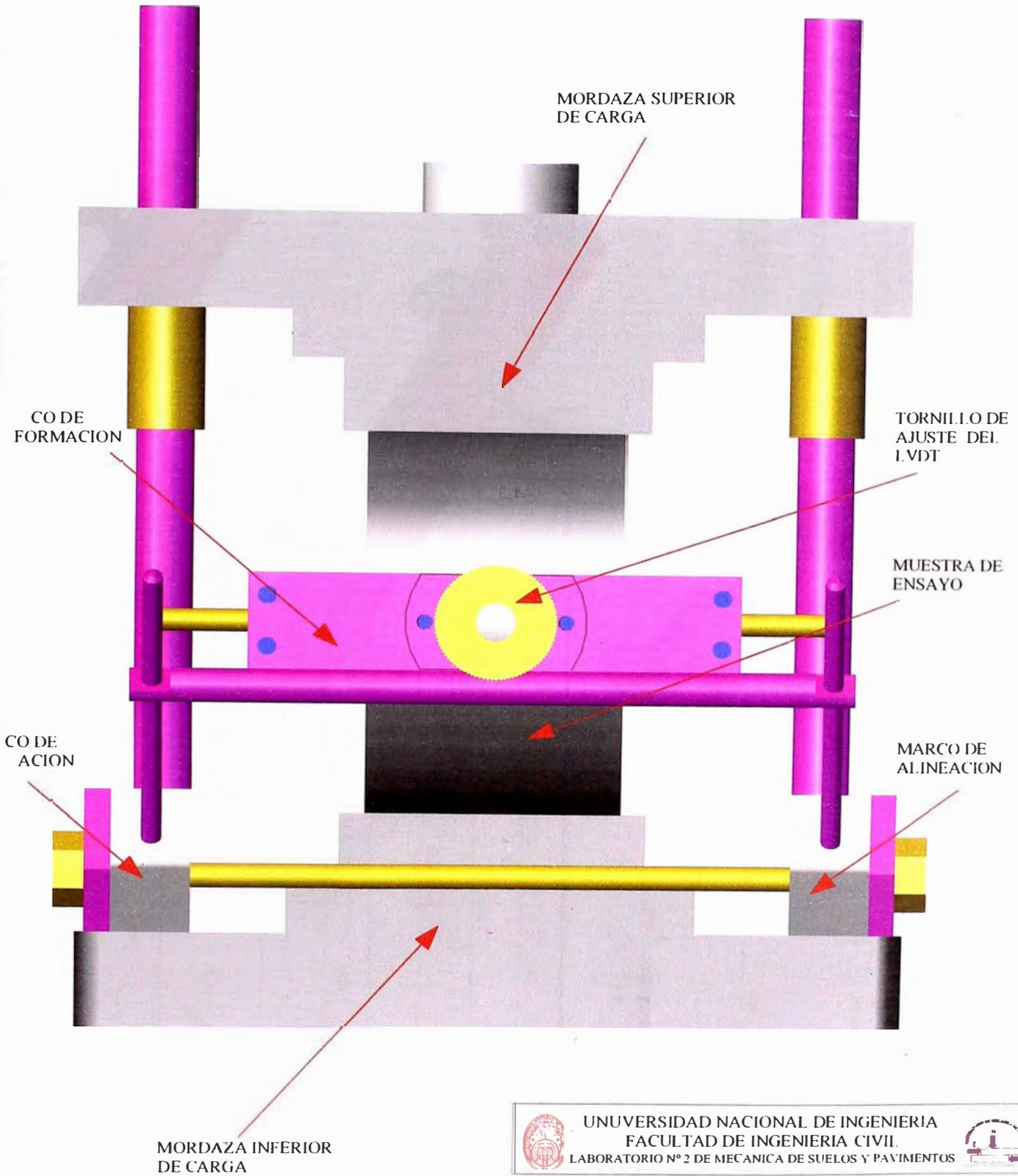
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL. LABORATORIO N° 2 DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
PROYECTO TESIS: DETERMINACION DE LA PERDIDA DE ADHESIVIDAD POR TRACCION INDIRECTA EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS		ESCALA 1:1 FECHA ABR. 2006 PLANO
TESISISTA BACH. NILTHSON NOREÑA VALVERDE		<h1>L6</h1>
ASESOR ING. JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES		
ASISTENTE Juliana Meza López	DESARROLLO N. Noreña V.	



VISTA LATERAL

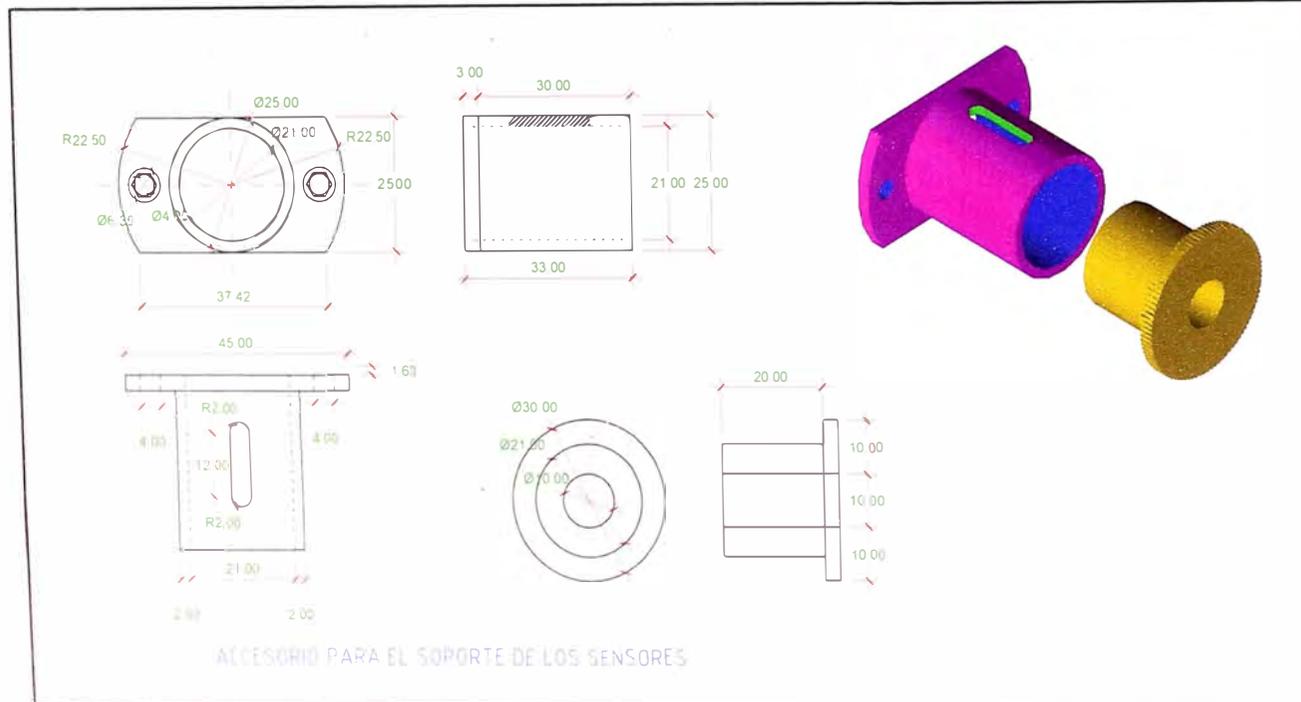
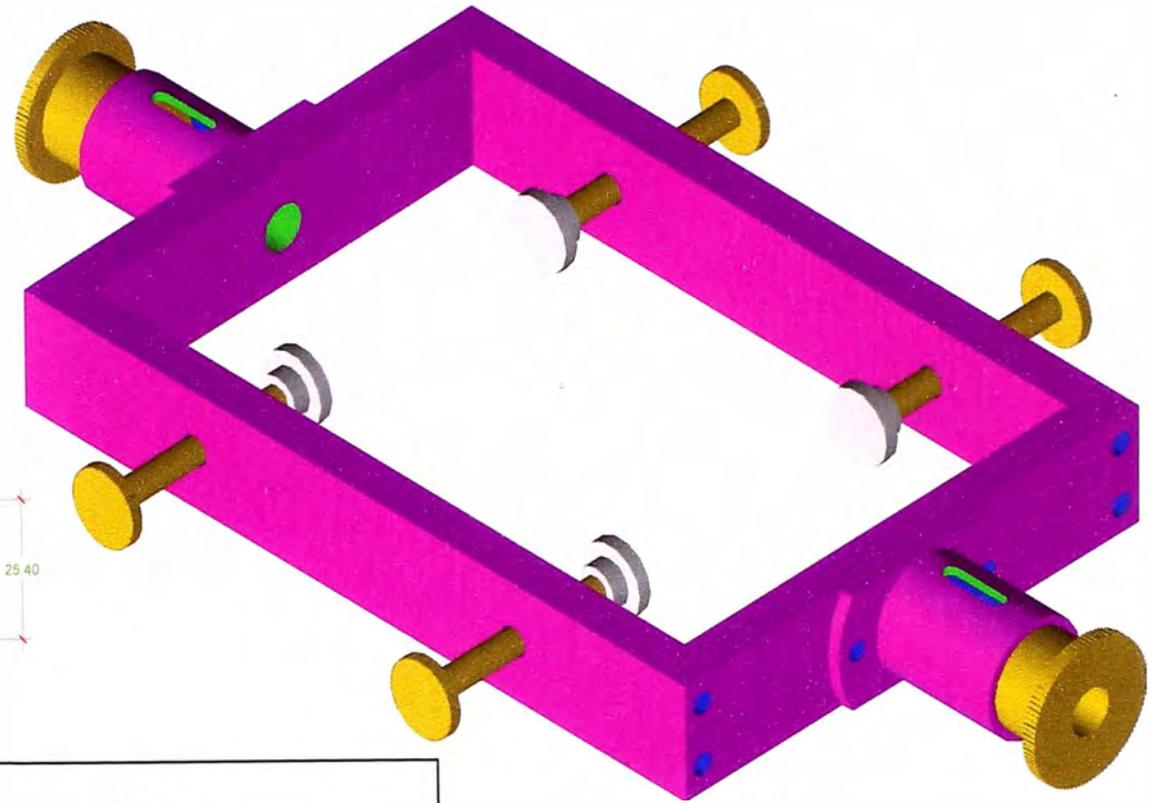
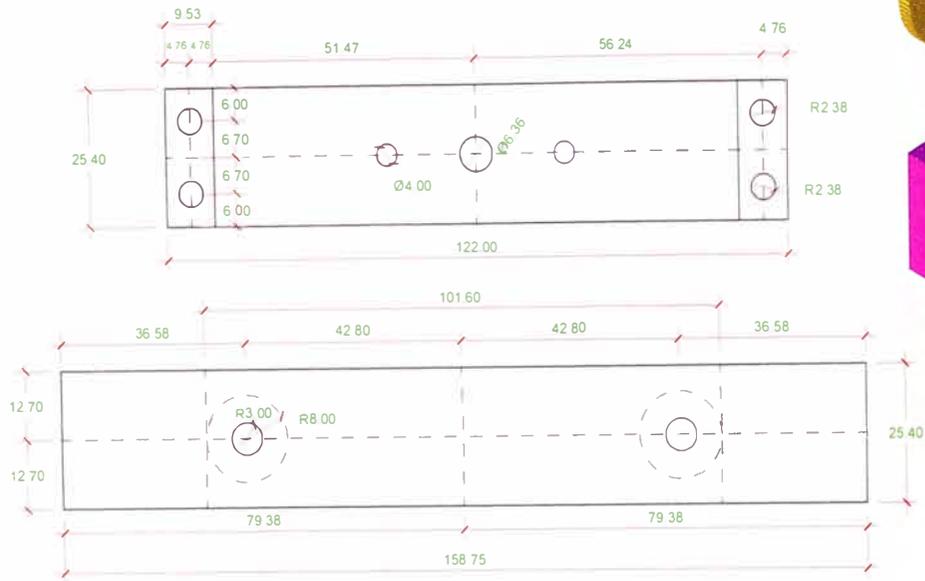
 UNUNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO N° 2 DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
PROYECTO	ESCALA 1:1	
TESIS: DETERMINACION DE LA PERDIDA DE ADHESIVIDAD POR TRACCION INDIRECTA EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS		FECHA ABR 2006
TESISTA	BACH. NILTHSON NOREÑA VALVERDE	PLANO
ASESOR	ING. JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES	<h1>L7</h1>
ASISTENTE:	DESARROLLO:	
Juliana Meza López	N. Noreña V.	

MORDAZA PARA ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA
EN MEZCLAS ASFALTICAS



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO N° 2 DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
PROYECTO	TESIS: DETERMINACION DE LA PERDIDA DE ADHESIVIDAD POR TRACCION INDIRECTA EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS	
TESISTA	BACH. NILTHSON NOREÑA VALVERDE	
ASESOR	ING. JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES	
ASISTENTE	DESARROLLO	L8
Juliana Meza Lopez	N. Noreña V.	
		ESCALA 1:1 FECHA ABR. 2006 PLANO

ACCESORIO PARA EL ALINEAMIENTO DE LOS SENSORES



ACCESORIO PARA EL SOPORTE DE LOS SENSORES



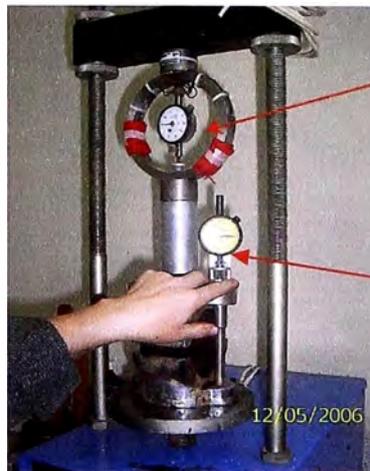
TORNILLO CON HILOS EN TODA SU LONGITUD

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO N° 2 DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
PROYECTO TESIS: DETERMINACION DE LA PERDIDA DE ADHESIVIDAD POR TRACCION INDIRECTA EN MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS	ESCALA 1:1	FECHA ABR. 2006
TESISTA BACH. NILTHSON NOREÑA VALVERDE	PLANO	
ASESOR ING. JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES	L9	
ASISTENTE: Juliana Meza López		

ANEXO G

.Fotografías instrumentación del
Estabilómetro Marshall.

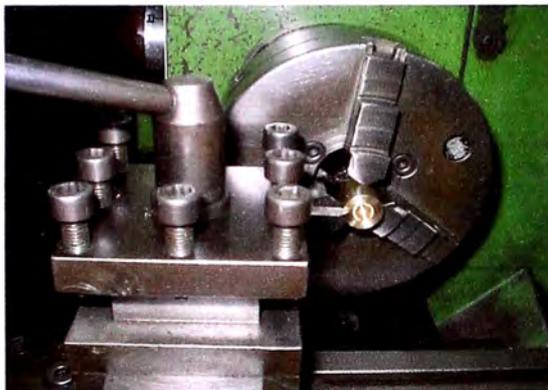
Automatización e Implementación del equipo de tracción indirecta



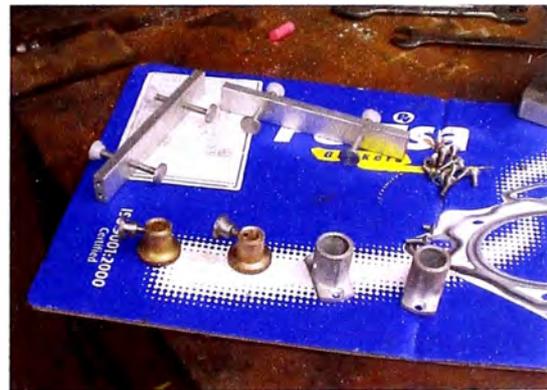
Dial de lectura de carga

Dial de lectura de flujo

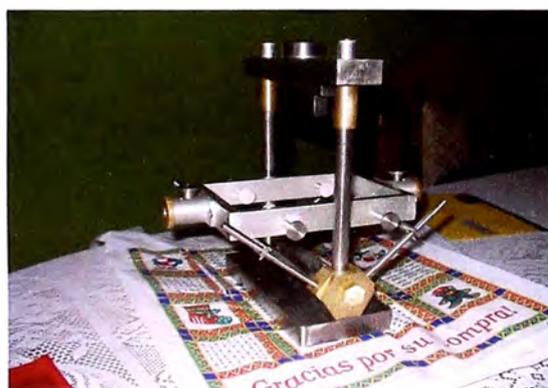
Estabilómetro Marshall antes de ser automatizado



Maquinado de las piezas de la mordaza en un torno.



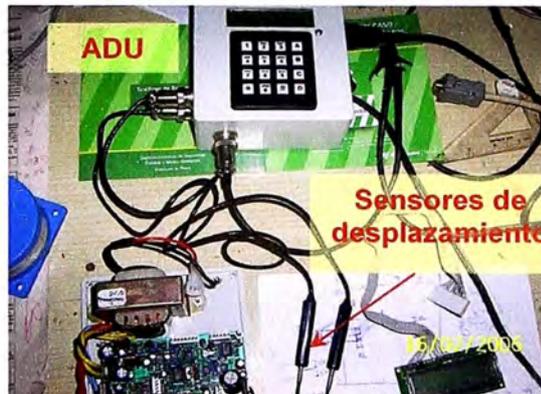
Piezas y accesorios de la mordaza.



Mordaza para ensayos a tracción indirecta



Strain gauge adheridos en el anillo de carga.



proceso de congelamiento a -18°C durante 16 horas



Proceso de calibración de los sensores instalados



Sensores de deformación instalados y calibrados



Equipo Marshall Automatizado