

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



“CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA – CHALLHUAMAYO, DEL DISTRITO DELTAMBO, PROVINCIA LA – MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO”

TESIS

PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUIMICO

PRESENTADO POR:

Bach. José Manuel PINCO PALACIOS

ASESOR:

Ing. Aníbal GARCÍA BENDEZÚ

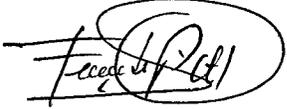
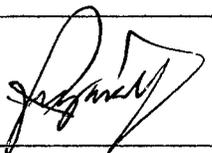
AYACUCHO – PERÚ

2015

Tesis
0477
Pin

ACTA DE CONFORMIDAD

Los suscritos Docentes miembros de Jurado Evaluador de Sustentación de la Tesis cuyo Título es "CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTOS EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA-CHALLHUAMAYO, DEL DISTRITO DE TAMBO, PROVINCIA LA MAR, DEPARTAMENTO AYACUCHO-2013", presentado por el bachiller en Ingeniería Química Jose Manuel Pinco Palacios designados en mérito de la Resolución Decanal N° 066-2014-FIQM-D, luego de revisar la subsanación de las observaciones formuladas en el acto Público de la Sustentación efectuada el 19 de Setiembre del 2014; damos nuestra conformidad final para que el recurrente publique su trabajo de tesis en mérito al Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, para que el recurrente prosiga con sus trámites conducentes a la expedición de su diploma de Ingeniería Química

MIEMBROS DE JURADO	DNI	FIRMA
M.Q. Leon Fernando PEREZ CHAUCA	06547654	
Mtro. Pedro INGA ZARATE	28263568	

Ayacucho, Mayo del 2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la Virgen Inmaculada Concepción de Tambo, San Pedro, San Pablo, mi Madre Gloria por apoyarme incondicionalmente y permitirme haber concluido con mi Carrera Profesional, gracias por su comprensión.

A mi hijo Manuel Enrique por ser mi motivo de superación quien me dio fuerzas para seguir adelante en esta mi vida.

A mis Maestros de esta Universidad por haberme guiado y aconsejado en mi formación profesional

AGRADECIMIENTO

Se agradece por su contribución para el desarrollo de esta tesis a la Empresa Ingenieros Civiles Contratistas Generales S.A y a la Empresa Acruta Tapia e Ingenieros SAC – Consultoría Colombiana S.A (Consortio Vial del sur – Supervisión de Carreteras) por haberme permitido realizar los ensayos en sus Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales y haber mostrado interés en este estudio.

Al Ing. Aníbal García Bendezú por su entusiasta colaboración para la revisión de los capítulos de la presente tesis y sus valiosas sugerencias.

RESUMEN

La presente investigación tiene el propósito de evaluar el comportamiento de la Mezcla Asfáltica en Caliente empleada en la carretera del Tramo Quinoa – Challhuamayo, del Distrito del Tambo, de la Provincia La Mar, de Ayacucho.

Se pretende contrastar que el experimento diseñado de mezcla asfáltica estructurada presenta agregados finos y gruesos, Cemento Asfáltico y Compuestos Químicos, que combinados a una temperatura media de 138°C, proporciona indicadores de Estabilidad Mínima, un Flujo, un Porcentaje de Vacíos en la mezcla y una Relación Polvo/Asfalto cuyos resultados están centrados en la Norma de Control de Calidad Marshall y sus estimaciones presentan un coeficiente de variación menor al 12% e indican que están bajo control.

La metodología empleada fue descriptiva y el diseño de investigación es experimental de mezcla estructurada, para lo cual se ha necesitado realizar distintas pruebas exigidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones basadas en las normas ASTM.

Los resultados obtenidos al realizar el experimento de la mezcla estructurada de asfalto *utilizando un 6.5% de Cemento Asfáltico y el control de calidad granulométrico de los áridos se obtiene una Estabilidad óptima de 944 kg, un flujo de 3.53 mm, un porcentaje de vacíos de 3.36%, un Peso unitario de 2.34, un porcentaje de llenados con Cemento Asfáltico de 81.74% y una relación de Estabilidad/ Flujo de 2813.21, que en su forma dinámica proporcionan una Elasticidad que garantiza durabilidad de la carretera y una fricción apropiada para el rodamiento del transporte a una altura de más de 3000 m.s.n.m.*

INTRODUCCIÓN

Las carreteras son de vital importancia para la Sociedad, y la gran minoría están hechas de trochas, es por esto que el desempeño de las mismas depende de la calidad de los materiales, procesos constructivos y también de un buen diseño. El control de calidad en mezclas asfálticas calientes abarca desde el diseño geométrico hasta el control de calidad de los agregados. El Perú es uno de los países Sudamericanos con menos carreteras Asfaltadas y con carreteras en mal estado. La región de Ayacucho es la que tiene la menor infraestructura vial a nivel Nacional, donde la región son carreteras no pavimentadas, donde los caminos vecinales se encuentran en mal estado, presentan erosión de la superficie, la generación de polvo y molestias y que se hacen intransitables en épocas de lluvia. Recuerde que nuestras carreteras son el soporte de nuestra economía, tiene importancia histórica y es un medio de descentralización aún más cuando se encuentran asfaltadas.

Definimos el problema de la investigación como el mal estado de las vías afirmadas y su elevado costo de mantenimiento, dado que nuestros recursos económicos son escasos.

El Capítulo I.- Se da una breve descripción de los Objetivos, alcances y limitaciones para el control de calidad de la formulación de mezclas asfáltica en caliente.

Capítulo II.- Se da una breve descripción de la teoría relacionada a los agregados así como especificaciones y ensayos que se realizan normalmente.

Capítulo III Se hace breve mención de los ensayos básicos que se utilizara para realizar los diferentes ensayos para comprobar, sus características y

propiedades más importantes en el control de la Formulación de Mezclas Asfálticas en caliente

Capítulo IV se realizan análisis y discusión de resultados realizados durante el proceso de esta investigación, y posteriormente se arriban a las conclusiones y recomendaciones.

INDICE

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1.	Definición de Asfalto	1
1.2.	Reseña histórica del Asfalto	2
1.3.	Clasificación de los Asfaltos	2
1.4.	Composición de los Asfaltos	3
1.5.	Control de Calidad	14
1.6.	Mezclas Asfálticas en Caliente	15
1.7.	Composición de las mezclas asfálticas en Caliente	16
1.8.	Cementos Asfálticos PEN 120/150	16
1.9.	Consideraciones de una Mezcla Asfáltica en Caliente	17
1.10.	Posibles Deteriores de la Mezcla Asfáltica en Caliente.	19
1.11.	Aditivo de Mejorador de Adherencia	20
1.12.	Filler Mineral – Cal Hidratada	21
1.13.	Agregados Minerales Gruesos	21
1.14.	Agregado Mineral Finos	23
1.15.	Control de Calidad de los Agregados	23

CAPITULO II PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado MTC-E204	25
2.2	Abrasión los Angeles MTC-E207-200	32
2.3	Porcentaje de Caras Fracturadas en los Agregados MTC-E210	36
2.4	Índice de Aplanamiento de los Agregados ASTM4791.	39
2.5	Durabilidad de Sulfato de Sodio MTC-E209	43
2.6	Equivalente de Arena, Suelos y Agregados Finos MTC-E114.	55

2.7	Índice de Durabilidad	68
2.8	Determinación Limite Plástico e Índice de Plasticidad MTC-E111	88
2.9	Determinación de Sales Solubles en Agregados MTC-E219	93
2.10	Ensayo Marshall MTC-E504	96
2.11	Parámetros a cumplir según Proyecto del MAC	110

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1	Análisis Granulométrico por Tamizado	114
3.2	Abrasión los Angeles	126
3.3	Porcentaje de caras fracturadas en los Agregados	126
3.4	Índice de Aplanamiento de los Agregados	129
3.5	Durabilidad de sulfato de Sodio	131
3.6	Equivalente de Arena.	133
3.7	Índice de Durabilidad.	135
3.8	Determinación de Índice de Plasticidad	137
3.9	Determinación de Sales Solubles en Agregados	140
3.10	Ensayo Marshall	142
	CONCLUSIONES	187
	RECOMENDACIONES	189
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	190
	GLOSARIO	191
	ANEXO	

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 DEFINICIÓN DE ASFALTO

Según M.I Ordoñez H. & Silene G. (2005); el asfalto es un material viscoso, pegajoso de color negro, constituido principalmente por asfáltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad, se caracteriza por ser sólido o medio sólido y tiene propiedades cementantes a temperatura ambiente; normalmente al calentarse se ablanda en forma gradual, hasta alcanzar una consistencia líquida.

Los asfaltos se obtienen a partir de dos orígenes, ellos son:

- Derivados del petróleo, y
- Los naturales.

Los asfaltos más utilizados en el mundo de hoy en día, son los derivados del petróleo, los cuales se obtienen por un medio de un proceso de destilación Industrial del crudo. Representan más del 90 % de la producción total de los asfaltos. La mayoría de los petróleos crudos contienen asfalto, en base a la proporción de asfalto que poseen los petróleos

La ASTM (Sociedad Americana de Prueba de Materiales), 2010; define el término Bitumen para designar al asfalto, es común encontrar bitúmenes y asfaltos en las diferentes literaturas relacionados al petróleo. En nuestro País se denomina asfalto para pavimentación (Principal aplicación para los asfaltos derivados del petróleo), cemento asfáltico o CAP, en EVA se le conoce como asphalt cement, y en Europa se le denomina bitumen, sin embargo en literatura no especializada se le llama asfalto o a la mezcla de asfalto con males minerales. En la figura N° 1 se detalla en un diagrama de flujo para la obtención de asfalto a partir del petróleo y en la figura N° 2 se visualiza el corte de una destilación típica del petróleo crudo.

1.2 RESEÑA HISTORICA DEL ASFALTO.

Según Alejandro P. (2007); el término asfalto viene del griego "asphaltos", que significa "seguro". Los romanos lo utilizaban para sellar sus baños, embalses y acueductos. A continuación se detalla la evolución histórica del asfalto:

1595. Los europeos exploran el Nuevo Mundo y descubren depósitos naturales de asfalto. Sir Walter Raleigh descubrió asfalto en la isla de Trinidad, cerca de Venezuela, lo utilizó para volver a calafatear sus naves.

1800. Thomas Telford construyó más de 900 kilómetros de carreteras en Escocia, perfeccionando el método de construcción de carreteras con piedras rotas. Más tarde, para reducir el polvo y el mantenimiento, constructores utilizaron alquitrán caliente para unir las piedras rotas en conjunto, la producción de aceras "tarmacadam".

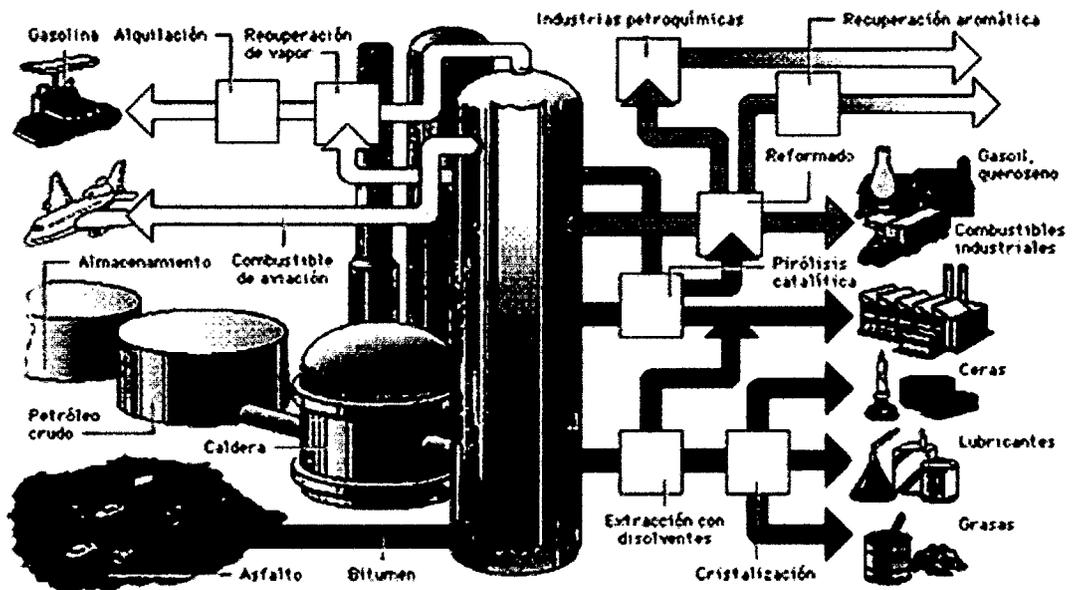


Figura Nº 1: Diagrama de flujo del proceso de obtención de asfalto del petróleo.

Fuente. www.repsol.com.pe

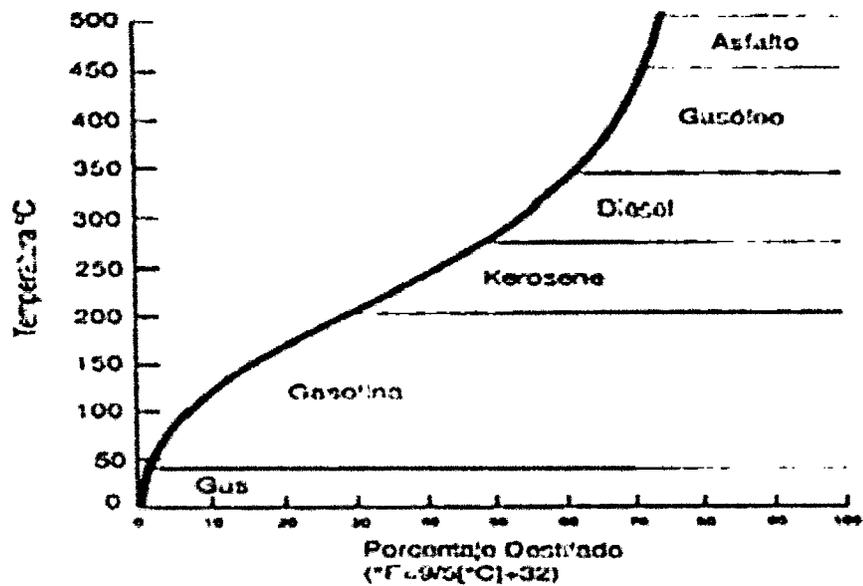


Figura Nº 2: Destilación del crudo de petróleo.
 Fuente. www.repsol.com.pe

1870. El químico belga Edmund J. DeSmedt estableció el primer pavimento de asfalto real en los EE.UU. en New York, Nueva Jersey. La Compañía Cummer abrió las primeras centrales de las instalaciones de producción de mezcla asfáltica en caliente en los EE.UU. La primera patente de asfalto fue presentada por Nathan B. Abbott de Brooklyn, NY en 1871.

1907. La producción de asfalto del petróleo refinado superó a la utilización de asfalto natural. Con la popularidad de los automóviles, creció la demanda de mejores carreteras, esto llevó a las innovaciones, tanto en la producción como en la colocación del asfalto. Los pasos hacia la mecanización incluye tambores

mezcladores y cemento portland, esparcidores mecánicos de hormigón para la primera máquina de asfalto.

1942. Durante la Segunda Guerra Mundial, la tecnología de asfalto mejoró en gran medida, impulsada por la necesidad de aviones militares para las superficies que pudiera hacer frente a cargas más pesadas.

1.3 CLASIFICACION DE LOS ASFALTOS.

Según repsol.com.pe, los asfaltos se clasifican en dos grandes grupos.

a. Asfalto para pavimentación; dentro de ello se tiene:

- ✓ **Cementos Asfálticos:** Los cementos asfálticos se utilizan principalmente en aplicaciones viales. Son sólidos a temperatura ambiente y se clasifican por su consistencia de acuerdo al grado de penetración o por su viscosidad. En el Perú se utiliza la clasificación por su penetración a 25 °C. son recomendados para la construcción de carreteras, caminos y demás vías y forman parte de una capa estructural de una vía, brindando capas de impermeabilidad, flexibilidad y durabilidad aun en presencia de agentes de los diferentes agentes externos tales como el clima, altitud y temperatura ambiental; y condiciones severas de tráfico. Los tipos de cementos son: Cemento Asfáltico 60/70, Cemento Asfáltico 85/100 y Cemento Asfáltico 120/150.

✓ **Emulsiones Asfálticas:** Las emulsiones asfálticas son mezclas de cementos asfálticos con agua, los cuales pueden a su vez también contener emulsificantes. En la figura N° 3 se representa mediante un esquema un proceso típico de fabricación de emulsiones asfálticas.

Las aplicaciones que se realizan con las emulsiones asfálticas son:

- Riegos de Imprimación.
- Riegos de Liga
- Suelos Estabilizados con Emulsiones Asfálticas.

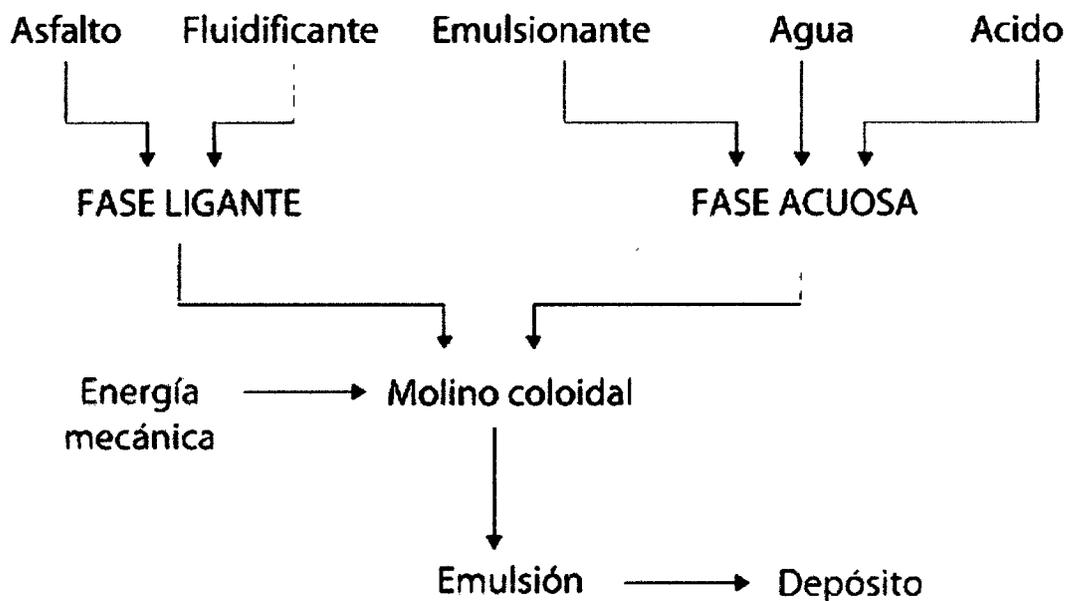


Figura N° 3: Esquema de fabricación de emulsiones asfálticas.
Fuente. www.repsol.com.pe

✓ **Asfaltos diluidos:** Son resultantes de la dilución del cemento asfáltico con destilados leves de petróleo, proporcionando productos menos viscosos, que pueden aplicarse a temperaturas más bajas y los diluyentes se evaporan después de la aplicación (www.repsol.com.pe).

✓ **Asfalto Modificado:** Los asfaltos modificados, se obtienen mediante una nueva técnica para el aprovechamiento efectivo de los asfaltos en la pavimentación de vías, esta técnica consiste en la adición de polímeros a los asfaltos convencionales con el fin de mejorar sus características mecánicas, es decir su resistencia a las deformaciones climatológicas y están son:

- EVA: Etileno acetato de vinilo.
- EMA: Etileno acrilato de metilo.
- PE: Polietileno
- PP: Polipropileno
- Poliestireno.

b. **Asfalto para uso Industrial,** en este grupo se tiene un solo tipo:

✓ **Asfalto Oxidado:** Son cementos asfálticos con dureza mayores de 10/20 y 20/30 que son generalmente para uso industrial. La composición química de los asfaltos es muy compleja, básicamente está constituida por cadenas de

moléculas compuestas fundamentalmente por carbono, hidrógeno, azufre, oxígeno, nitrógeno y complejos de vanadio níquel, hierro, calcio y magnesio.

1.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ASFALTOS.

La composición química de los asfaltos es muy compleja, básicamente está constituida por cadenas de moléculas compuestas fundamentalmente por carbono, hidrógeno, azufre, oxígeno, nitrógeno y complejos de vanadio níquel, hierro, calcio y magnesio. En la tabla N° 1 se describe la composición de los diferentes tipos de betunes.

Tabla N° 1: Composición de diferentes tipos de betunes

Elemento	Betún A	Betún B	Betún C	Betún D
Carbono %	83,77	85.78	82.9	86.77
hidrogeno %	9.91	10.19	10.45	10.93
Nitrógeno %	0.28	0.26	0.78	1.1
Azufre %	5.25	3.41	5.43	0.99
Oxígeno %	0.77	0.36	0.29	0.2
Vanadio (ppm)	180	7	1380	4
Níquel (ppm)	22	0.4	109	6

Fuente. www.repsol.com.pe

La composición específica de un asfalto en particular dependerá de la procedencia del petróleo crudo del cual procede.

El análisis químico del asfalto es muy laborioso, sin embargo, es posible distinguir dos grandes grupos que lo constituyen: los asfáltenos y máltenos.

Dentro del grupo de los máltenos, podemos distinguir a tres grupos estructurales con propiedades definidas y son los saturados, aromáticos y resinas. Cuando el asfalto es disuelto en n-heptano, los materiales duros son precipitados, estos materiales son llamados asfáltenos, nombre propuesto por Boussingault en 1837. Existen otras fracciones asfálticas precipitadas por otros solventes, pero esta es la mejor manera de distinguir a estos materiales como insolubles en n-pentano.

Las sustancias solubles en n-heptano se denominan en general petrolenos, también llamados maltenos. Las resinas se encuentran en los petrolenos, pueden ser parcialmente precipitadas por algunos solventes o adsorbidas de los petroleros por medio de arcillas u otras minerales activados, estas resinas, previamente adsorbidas, pueden pasar a un proceso de desorción del mineral por solventes previamente seleccionados.

Los carbenos son materiales duros presentes en los asfaltenos de algunos asfaltos. Estos son solubles en disulfuro de carbono pero insolubles en tetracloruro de carbono.

Los asfaltenos son compuestos de estructuras complejas, contienen aromáticos de color negro o marrón, carbón y otros elementos

químicos tales como nitrógeno, azufre, oxígeno, en general, son compuestos polares, de alto peso molecular. Así mismo en la figura N° 4 se visualiza en un diagrama la clasificación de los diferentes tipos de asfaltos, del mismo modo en la figura N° 5 se detalla las principales características de los asfaltenos.

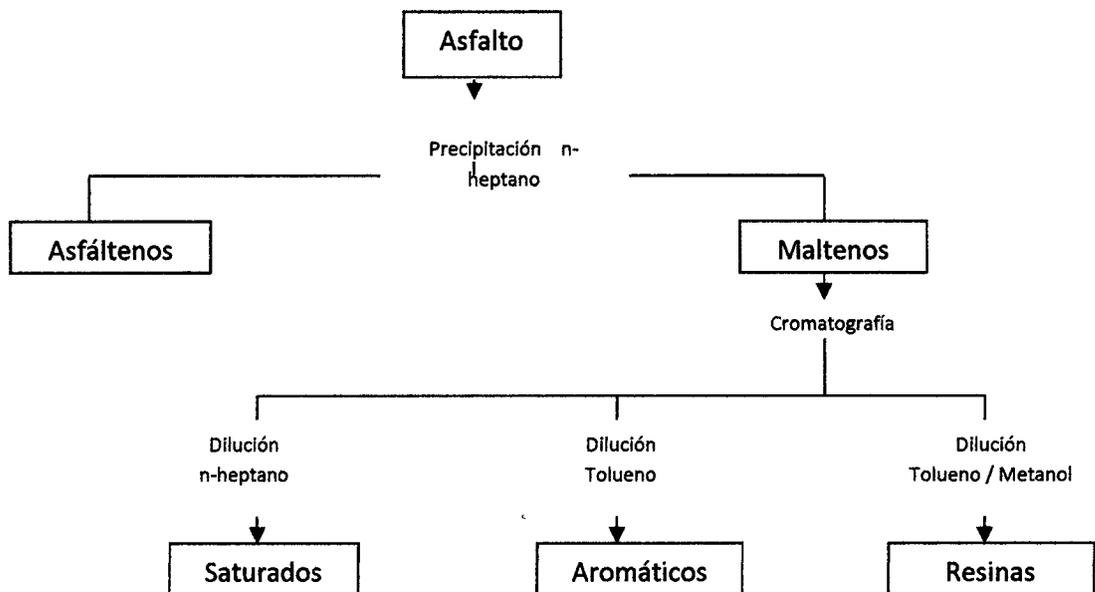


Figura N° 4: Clasificación de los asfaltos.
Fuente www.repsol.com.pe

- Insolubles en un disolvente parafínico, normal (general m, n-heptano).
- Componentes más pesados
 - PM: 1 000 – 100 000
 - Ratio (H/C): 1,1
- Formados por aromáticos complejos altamente polares.
- Sólidos a T° ambiente
- Negros color del betún

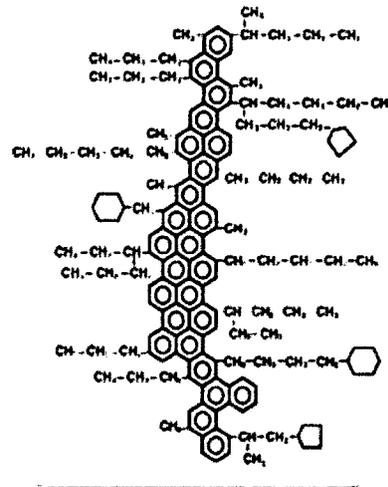


Figura N° 5: Características de los Asfaltenos.
Fuente. www.repsol.com.pe

Los maltenos; son sustancias solubles en normal h-heptano y está constituido por resinas, saturados y aromáticos. Estas son compuestos muy polares de color marrón o marrón claro, sólido o semisólido, soluble en n-heptano y, al igual que los asfaltenos, son compuestos de carbón, hidrógeno y cantidades menores de nitrógeno, oxígeno y azufre.

Las resinas son materiales muy adhesivos y actúan como dispersantes o peptizantes de los asfaltenos. En la figura N° 6 se visualizan las principales características de este tipo de resinas.

- Compuestos muy polares, fuertemente adhesivos.
- Sólidos o semi sólidos
 - PM: 500– 50 000
 - Ratio (H/C): 1,3 – 1,4
- Peptizan los asfaltenos haciendo que el betún sea estable.
- La relación R/A gobierna el tipo coloidal (sol o gel) de un betún molecular.

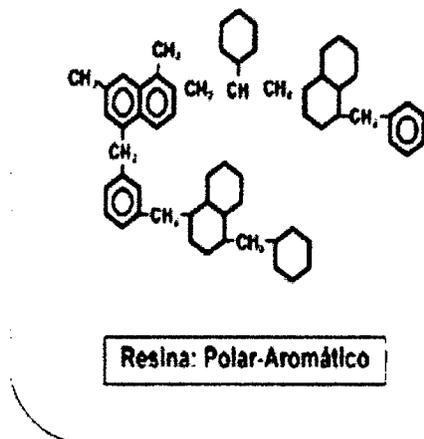


Figura N° 6: Resinas y sus características.
Fuente. www.repsol.com.pe

Aromáticos; constituyen entre el 40 y 65 % de la composición total de los asfaltos, son las fracciones de menor peso molecular en la estructura de los asfaltos, representan la mayor proporción de los dispersantes de los asfaltenos peptizados.

Los aromáticos son compuestos donde predominan las moléculas insaturadas de peso molecular de entre 300 a 2000, no polares, con especial capacidad para actuar como disolventes de otras cadenas hidrocarbonadas de alto peso molecular. Así mismo en la figura N° 7 se detalla parte de las características importantes de los compuestos aromáticos.

Saturados, son cadenas lineales y ramificadas, saturadas, no polares, un ejemplo de compuestos saturados se tiene en la figura N° 8.

- Básicamente son cadenas no polares, predominan los anillos insaturados.
- PM: 300– 2 000
- Componentes mayoritarios de los betunes.
- Alta capacidad para disolver otros compuestos de alto

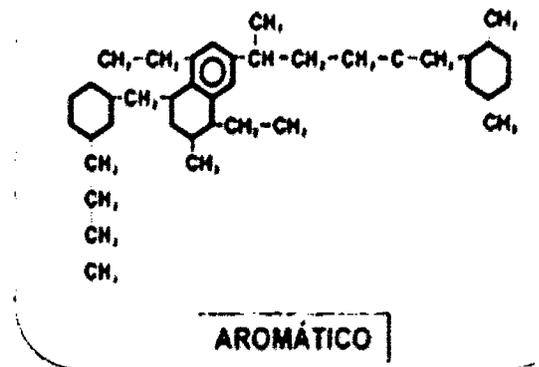


Figura N° 7: Compuestos aromáticos y sus características.
Fuente. www.repsol.com.pe

- Aceites viscosos no polares.
- Compuestos mayoritariamente por cadenas lineales y/o ramificadas de hidrocarburos alifáticos con PM similar a los de los aromáticos.
- Muy baja reactividad.

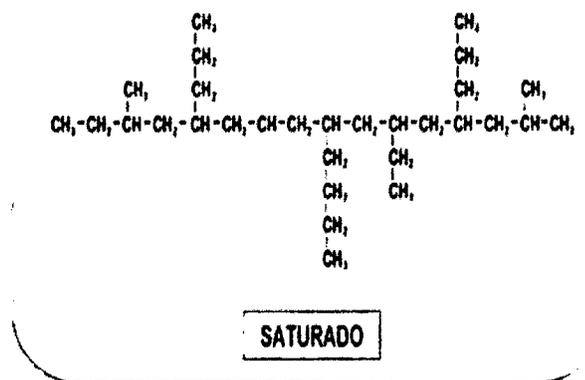


Figura N° 8: Saturados y sus características.
Fuente. www.repsol.com.pe

Finalmente en la figura N° 9 se visualiza una estructura esquemática y fisicoquímica del asfalto.

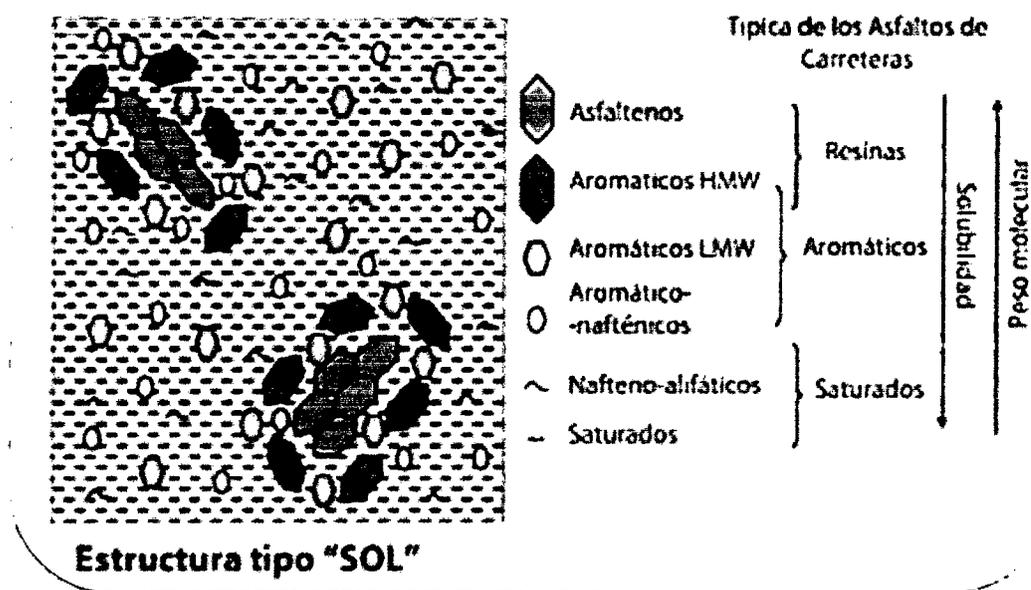


Figura Nº 9: Estructura físico-química del asfalto.
 Fuente. www.repsol.com.pe

1.5 CONTROL DE CALIDAD

La fabricación de los materiales asfálticos se efectúa dentro de un marco perfectamente definido, en razón que las condiciones del mercado pétreo han conducido a los fabricantes a utilizar crudos de diferentes orígenes, por lo tanto estos son objetos de una evaluación de sus constituyentes y producto terminado y son apreciados por sus características y se tiene como condición mínima satisfacer todas las especificaciones técnicas.

El control de calidad de los materiales asfálticos se efectúa siguiendo métodos de ensayo usuales dados por la ASTM que han sido objeto de normalización, mediante las cuales puede garantizarse la calidad del material.

1.6 MEZCLAS ASFÁLTICA EN CALIENTE

De acuerdo a M.I Ana María O. (2010); señala que el tipo más generalizado de mezclas asfálticas se define como la combinación de un ligante hidrocarbonado, agregados; incluyendo el polvo mineral, y eventualmente aditivos, de manera que todas las partículas queden muy cubiertas por una película homogénea de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los agregados (excepto, eventualmente el polvo mineral de aportación), y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura mayor de la ambiente.

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

Después de un control riguroso llevado a cabo para asegurar la calidad de los productos los diferentes asfaltos son almacenados en tanques y mantenidos a temperatura de entrega (120 °C). El recalentamiento es por serpentines, dentro de los cuales circula vapor de agua bajo presión o aceite.

El transporte en grandes volúmenes se efectúa en camiones cisternas. En el caso de cementos asfálticos tienen en su interior serpentines de

una longitud suficiente para el calentamiento del asfalto mediante circulación de vapor de agua o aceite, sin embargo deberá controlarse la temperatura durante el transporte, la misma que no deberá ser mayor que la temperatura de aplicación, determinado en labor según carta de viscosidad, temperatura de manera que no se produzca el envejecimiento del asfalto por sobrecalentamiento antes de ser aplicado.

1.7 COMPOSICION DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE.

Las mezclas bituminosas se compondrán básicamente de agregados, minerales gruesos, finos, filler mineral y material asfáltico. Los distintos constituyentes minerales se separarán por tamaño, serán graduados uniformemente y combinados en proporciones tales, que la mezcla resultante llene las exigencias de graduación para el tipo específico. A los agregados mezclados y así compuestos, considerados por peso en un 100% se deberá agregar asfalto, dentro de los límites porcentuales fijados en las especificaciones para el tipo específico de material.

1.8 CEMENTO ASFALTICO PEN 120/150.

El Cemento Asfáltico Pen 120/150, se utiliza para zonas mayores a los 3500 m.s.n.m. expuesta al tránsito, cambios climatológicos, lluvias, y otros agentes que puedan ocasionar algún efecto sobre la Mezcla Asfáltica en Caliente. Para la conservación de los caminos con mezclas Asfálticas en Caliente se deben tener mantenimientos periódicos de

limpieza, que es recomendable realizar después de la temporada de lluvias, también realizar drenajes superficial y lateral de los caminos para conservarlo en óptimas condiciones. Para el Control de Calidad de la Formulación de Mezcla Asfáltica en Caliente es conveniente realizarlo en materiales ya estabilizados con un Índice de Plasticidad Nula (NP). En la tabla N° 2 se señala el uso del PEN 120/150 en pavimentación con asfaltos graduados en función del clima.

1.9 CONSIDERACIONES DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

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

- a. Análisis de las condiciones en las que se va a trabajar la mezcla: tráfico, tipo de infraestructura (carretera, vía urbana, aeropuerto, etc.), la capa de la que se trata (rodadura, intermedia o base) y espesor, naturaleza de las capas subyacentes, intensidad del tráfico pesado, clima etc. Así mismo, hay que distinguir si se trata de un firme nuevo o de una rehabilitación.

Tabla N° 2: Cementos asfálticos graduados por penetración en función al clima.

PAVIMENTACION	CLIMA				
	MUY CALIDO	CALIDO	MODERADO	FRIO	FRIGIDO
AEROPUERTOS					
Pista de despegue	40 – 50	40 – 50	40 - 50	85 – 100	120 - 150
Caminos auxiliares	40 – 50	40 – 50	40 - 50	85 – 100	120 - 150
Aparcamientos	60 – 70	60 – 70	60 - 70	85 – 100	85 - 100
CARRETERAS					
Tráfico pesado y muy pesado	40 – 50	40 – 50	60 - 70	85 – 100	120 - 150
Trafico medio Ligero	40 – 50	60 – 70	60 - 70	85 – 100	120 - 150
CALLES					
Tráfico pesado y muy pesado	40 – 50	40 – 50	60 - 70	85 – 100	120 - 150
Trafico medio Ligero	40 – 50	60 – 70	85 - 100	85 – 100	120 - 150
CAMIONES PARTICULARES					
Industriales	40 – 50	40 – 50	60 - 70	85 – 100	120 - 150
Comerciales - Estaciones de Servicio	40 – 50	60 – 70	60 - 70	85 – 100	85 - 100
Residenciales	60 – 70	60 – 70	85 - 100	85 – 100	85 - 100
APARCAMIENTOS					
Industriales	40 – 50	40 – 50	60 - 70	85 – 100	120 - 150
Comerciales	40 – 50	60 – 70	60 - 70	85 – 100	85 - 100
BORDILLOS					
Bordillos	40 – 50	40 – 50	60 - 70	85 – 100	85 - 100

Fuente: www.repsol.com.pe.

- b. Determinación de las propiedades fundamentales de que ha de tener la mezcla, dada las condiciones a trabajar, debe establecer la resistencia de las deformaciones plásticas o la flexibilidad entre otras.

- c. Elección de tipo de mezcla que mejor se adapte a los requerimientos planteados, incorporando este análisis de consideraciones económicas o de puesta en obra que hay que considerar.
- d. Materiales disponibles de elección de los agregados pétreos las cuales deben cumplir con determinados especificaciones, pero que en general serán los disponibles en un radio limitado, y por lo tanto a un costo razonable, y así mismo elegir el polvo mineral de aportación.
- e. Elección del tipo de ligante, puede ser cemento asfáltico, asfalto modificado, emulsión asfáltica, el costo es siempre un factor relevante
- f. Dosificación o determinación del contenido óptimo del cemento asfáltico, la cual deber hacerse para diferentes combinaciones de las fracciones disponibles del agregado petro de manera que las granulometrías conjuntas analizadas estén dentro del uso que indica las especificaciones técnicas del proyecto.

1.10 POSIBLES DETERIORES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE.

La durabilidad de las mezclas asfálticas es una propiedad básica de los pavimentos, deben presentar resistencia al agotamiento y la acción del agua. La durabilidad potencial es la resistencia de la mezcla asfáltica a las combinaciones de los cambios de temperatura, y efectos de agua,

por lo tanto la baja durabilidad potencial de las capas, del paquete asfáltico es una de las principales razones que más influyen en el deterioro y agotamiento de las buenas condiciones.

Los deterioros de las mezclas asfálticas se deben a una serie de factores como la que pueden ser el medio ambiente (lluvias, gradientes de temperatura, tráfico, cargas por eje, materiales inadecuados, proceso de elaboración de las mezclas inapropiadas, técnicas de construcción inadecuadas, compactación, etc. Todos estos defectos se pueden detectar una vez que se haya concluido con los trabajos en obra, como por ejemplo una mala textura superficial.

Los fallos típicos de las mezclas asfálticas son:

- a. Segregaciones
- b. Figuración
- c. Exudación

1.11 ADITIVO DE MEJORADOR DE ADHERENCIA.

Los aditivos de mejorador de adherencia son encargados de aumentar las propiedades adhesivas, para mejorar la afinidad del par "bitumen agregado", indicamos la utilización del aditivo mejorador de adherencia AR –RED "RADICOTE", en una proporción de 0,4 %-0,5 %, en peso del cemento asfáltico Pen 120/150. También se tiene otros aditivos, ellos son:

- Morlife 2200.
- Morlife 5000.

- Quimibond 3000.

1.12 FILLER MINERAL (CAL HIDRATADA)

La cal es un agente modificador que se encuentra plenamente normada a nivel internacional, que se utiliza en proporciones promedias de 1.5 % con respecto al peso del agregado. La cal presenta los efectos que se menciona a continuación:

- Los asfaltos al perder ciertos componentes por acción del medio ambiente, tienden a aumentar su viscosidad hasta volverse prácticamente sólidos y frágiles al llegar a esta etapa es muy común que se presenten fallas de tipo de cuarteos o fisuración, la cal evita que la viscosidad aumente, permitiendo un tiempo de vida más largo al pavimento, es compatible con cualquier tipo de asfalto que ya sea de carácter aniónico o catiónico.
- Se emplea como relleno mineral que sea necesario para emplear como relleno de vacíos, espesante de la mezcla asfáltica o como mejorador de adherencia.

1.13 AGREGADOS MINERALES GRUESOS.

De acuerdo al Instituto de Construcción y Gerencia IG, (2013); señala que los agregados pétreos empleados para la ejecución de mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa de material asfáltico, está no se desprenda por la acción del agua

y del tránsito, en caso de que esta circunstancia se produzca, será necesario añadir algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una buena adhesividad.

La proporción de los agregados, retenida en la malla N° 4, se designará agregado grueso y se compondrá de piedra triturada y/o grava triturada. Así mismo, y de ser necesario se realizará el venteo mecanizado y lavado a la trituración del agregado grueso, para minimizar la presencia de partículas finas.

El agregado triturado, en no menos de un 75 % en peso, de las partículas del mismo, deberá tener dos caras fracturadas o forma cúbica angulosa, y no menos del 90 % tendrá una cara fracturada. De ser necesario para cumplir con este requisito, la grava deberá ser tamizada antes de ser triturada.

Dichos materiales serán limpios, compactos y durables, no estarán recubiertos de arcilla, limo u otras sustancias perjudiciales; no contendrán arcilla en terrones. Los acopios destinados a capas de superficie deberán estar cubiertos para prevenir una posible contaminación. No se utilizarán agregados con tendencia a pulimentarse por acción del tráfico, especialmente en capas de superficie. Cuando la granulometría de los agregados tiende a la segregación durante el acopio o manipulación, deberá suministrarse el material en dos o más tamaños separados. De ser necesaria la mezcla

de dos o más agregados gruesos, el mezclado deberá efectuarse en tolvas separadas y en los alimentadores en frío y no en el acopio.

Los agregados gruesos, deben cumplir las características dadas en la tabla N° 03 que indica la frecuencia de ensayos para materiales gruesos.

1.14 AGREGADO MINERAL FINOS.

La proporción de los agregados que pasan la malla N° 4, se designará agregado fino y se compondrá de arena natural y/o material obtenido de la trituración de piedra, grava o escoria o de una combinación de ambos. Dichos materiales se compondrán de partículas limpias, compactas, de superficies rugosas moderadamente angulares, carentes de grumos de arcilla u otros aglomerados de material fino. No se utilizarán en capas de superficie agregados con tendencia a pulimentarse por el tráfico.

Cuando sea necesario mezclar dos o más agregados finos, deberá hacerse a través de tolvas separadas y en los alimentadores en frío y no en el acopio. En la tabla N° 4 se detalla las características que debe cumplir los agregados finos.

1.15 CONTROL DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS.

Para determinar el control de calidad de los agregados se tendrá en cuenta la información descrita en la Tabla N°3 que trata de la frecuencia de ensayos para materiales gruesos y la tabla N° 4 está referido a la frecuencia de ensayos para materiales finos.

Tabla N°3: Frecuencia de ensayos para materiales gruesos.

Ensayos	Norma		Requerimiento
	MTC	ASTM – AASHTO	
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	MTC E 209	ASTM C-88	10% máx.
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	ASTM C-88	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	ASTM C-131	35% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)	-	ASTM D-4791	10% máx.
Caras fracturadas (≤ 3 millones, de Ejes Equivalentes)	MTC E 210	(ASTM D-5821)	65 / 40
Sales Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0,5% máx.
Absorción	MTC E 206	ASTM C-118	Según Diseño
Adherencia	MTC E 519	ASTM D-1664	+95

Fuente: ICG-2013.

Tabla N°4: Frecuencia de ensayos para materiales finos.

Ensayos	Norma		Requerimiento
	MTC	ASTM / AASHTO	
Equivalente de Arena	MTC E 209	(AASHTO – 76)	Mínimo 45 %
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	NLT 355-74	6 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	ASTM D 4318	NP
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	ASTM D 4318	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0,5% máx.
Absorción	MTC E 205	ASTM C 118	Según Diseño

Fuente: ICG – 2013.

CAPÍTULO II

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO MTC E-204.

2.1.1 OBJETIVO:

En esta etapa se describe la técnica para la determinación cuantitativa de distribución de tamaños de partículas de suelos. Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta de 0,074 mm (malla N° 200).

2.1.2 EQUIPOS Y MATERIALES:

Para el análisis granulométrico de esta etapa se utilizó los siguientes equipos y materiales:

- Dos balanzas: la primera con sensibilidad de 0,01 g para pesar material de tamiz de 4,760 mm (N° 4); y la otra con sensibilidad 0,1 g, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- Tamices de malla cuadrada 75 mm (3"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm (N° 10), 0,840 mm (N° 20), 0,425 mm (N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm (N° 140) y 0,075 mm (N° 200).
- Estufa eléctrica, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices.

2.1.3 MUESTRAS

Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción

húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

- a) **Preparación de muestras para análisis granulométrico (Método MTC E-106)**, la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado. En la tabla N° 5 se detalla la frecuencia de ensayos para análisis de materiales finos.

Tabla N°5: Frecuencia de ensayos para materiales finos.

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3 /8")	500
19,6 (¾")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 ½")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Fuente: ICG – 2013.

El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E-106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico. Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas. Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas. El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (N° 4) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

El procedimiento para el análisis granulométrico, por el método MTC E-106, se da a continuación:

- Primero se efectúa la comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de

4,760 mm (N° 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4). El análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Se separa la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices de: 75 mm (3"), 50 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4.7 mm (N° 4), o los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.
- En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apresadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

- En caso de que se utilice una tamizadora mecánica, esta podrá funcionar por diez minutos aproximadamente; el resultado se puede verificar usando el método manual.
- Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%.
- El análisis granulométrico de la fracción que pasa por el tamiz de 4.760 mm (N° 4) se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.
- En caso de los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.
- Para los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, su análisis se procesarán por la vía húmeda.
- En caso que se requiera la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el

hidrómetro para obtener los datos necesarios. (esta etapa se describe en el modo operativo MTC E 109).

- Se utiliza procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.
- Si la fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200), estas se analizarán por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200).

b) Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200), la secuencia es:

- Inicialmente las muestras se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.01 g.
- Se lava la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
- Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se pesa.
- Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado líneas arriba.

Las referencias Normativas para estos ensayos son: ASTM D 422 y la ASSHTO T 88.

2.2 ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 ½") MTC E 207-2000.

El siguiente modo operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad, por lo que es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y así determinar las obligaciones de su uso e interpretación.

2.2.1 OBJETIVO:

Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37,5 mm (1 ½") por medio de la máquina de Los Ángeles.

El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva.

2.2.2 EQUIPOS Y MATERIALES:

Se requieren los siguientes equipos y/o materiales:

- Balanza, para la determinación de pesos de sólidos con una aproximación de ± 1 g.

- Estufa eléctrica, con programa de temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).
- Máquina de Los Ángeles, para el ensayo de desgaste de Los Ángeles, consiste en un cilindro hueco, de acero, con una longitud interior de 508 ± 5 mm ($20 \pm 0,2$ ") y un diámetro, también interior, de 711 ± 5 mm ($28 \pm 0,2$ ").
- Carga abrasiva, consiste en esferas de acero o de fundición, de un diámetro entre 46.38 mm ($1 \frac{13}{16}$ ") y 47.63 mm ($1 \frac{7}{8}$ ") y un peso comprendido entre 390 g y 445 g. En la tabla N° 6 se detalla el número de esferas a utilizar en función de la granulometría de ensayo de las muestras.

Tabla N° 6: Número de esferas a utilizar.

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Peso Total g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: ICG – 2013.

2.2.3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

La muestra consistirá en agregados limpios por lavado y secado en horno a una temperatura constante comprendida entre 105 y 110 °C (221 a 230°F), las muestras serán separadas por

fracciones de cada tamaño y recombinadas con una de las granulometrías. La granulometría o granulometrías elegidas serán representativas del agregado tal y como va a ser utilizado en la obra. La muestra antes de ensayada deberá ser pesada con una aproximación de ± 1 g. En la tabla N° 7 se reporta valores de la granulometría de la muestra de agregados para los ensayos.

Cuando se triture la muestra en el laboratorio, se hará constar esto en el informe, debido a la influencia que tiene la forma de las partículas en el resultado del ensayo. A continuación se describe el procedimiento para determinar la abrasión Los Ángeles:

- Ejecución del ensayo: La muestra y la carga abrasiva correspondiente, se colocan en la máquina de Los Ángeles, y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm; el número total de vueltas deberá ser 500.
- La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del cilindro y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, en el tamiz # 12. La fracción fina que

pasa, se tamiza empleando el tamiz de 1,70 mm (N° 12). El material más grueso que el tamiz de 1,70 mm (N° 12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura comprendida entre 105 a 110 °C (221 a 230 °F), hasta peso constante, y se pesa con una precisión de 1,0 g.

Tabla N° 7: Granulometría de la muestra de agregado para ensayo.

Pasa tamiz		Retenido en Tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37,5	(1 1/2")	25,0	(1")	1250 ± 25			
25,0	(1")	19,0	(3/4")	1250 ± 25			
19,0	(3/4")	12,5	(1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,5	(1/2")	9,5	(3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,5	(3/8")	6,3	(1/4")			2500 ± 10	
6,3	(1 1/4")	4,75	(N° 4)			2500 ± 10	
4,75	(N° 4)	2,36	(N° 8)				5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: ICG – 2013.

- Cuando el agregado esté libre de costras o de polvo, puede eliminarse la exigencia del lavarlo antes y después del ensayo. La eliminación del lavado

posterior, rara vez reducirá la pérdida medida, en más del 0,2 % del peso de la muestra original.

2.2.4 EXPRESIÓN DE RESULTADOS:

Los resultados para este tipo de ensayo, se determina por la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado en tanto por ciento del peso original.

El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles. La siguiente expresión nos permite determinar el porcentaje de desgaste:

$$\% \text{ Desgaste} = 100 (P_1 - P_2) / P_1$$

Dónde:

P_1 : Peso muestra seca antes del ensayo.

P_2 : Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1,70 mm (N° 12).

Las referencias normativas a utilizarse en este tipo de ensayos son: La ASTM C131 y la AASHTO T96.

2.3 PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS MTC – E 210.

2.3.1 OBJETIVO:

Esta norma describe el procedimiento para determinar el porcentaje en peso, del material que presente una, dos o más caras fracturadas de las muestras de agregados pétreos.

2.3.2 EQUIPOS Y MATERIALES:

A continuación se detalla los equipos y materiales utilizados en este ensayo:

- Balanza, de 5000g de capacidad y con una aproximación de ± 1 g.
- Tamices, de 37,5 – 25,0 – 19,0 – 12,5 y 9,5 mm (1 1/2", 1", 3/4" y 1/2" y 3 /8").
- Cuarteador, para la obtención de muestras representativas.
- Espátulas metálicas, para separar los agregados.

2.3.3 TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

La muestra para este tipo de ensayo deberá ser representativa y debe obtenerse mediante un cuidadoso cuarteo del total de la muestra recibida. Se debe hacer el análisis granulométrico de la muestra cuarteada.

Previamente se debe separar por tamizado la fracción de la muestra comprendida entre los tamaños 37,5 mm y 9,5 mm (1 1/2" y 3 /8"), descartándose el resto del material.

El peso total de la muestra dependerá del tamaño del agregado, según se muestra en la Tabla N° 8.

Tabla N° 8: Pesos equivalentes para determinación de muestra.

Tamaño del agregado		Peso en g
37,5 a 25,0 mm	(1 1/2" a 1")	2000
25,4 a 19,0 mm	(1" a 3/4")	1500
19,0 a 12,5 mm	(3/4" a 1/2")	1200
12,5 a 9,5 mm	(1/2" a 3/8")	300

Fuente: ICG – 2013.

A continuación se describe el procedimiento para la determinación de caras fracturadas en los agregados:

- Extiéndase la muestra en un área grande, para inspeccionar cada partícula. Si es necesario lávese el agregado sucio. Esto facilitará la inspección y detección de las partículas fracturadas.
- Prepare tres recipientes: sepárense con una espátula, las partículas redondeadas y las que tengan una, o más de dos caras fracturadas. Si una partícula de agregado redondeada presenta una fractura muy pequeña, no se clasificará como "partícula fracturada". Una partícula se considerará como fracturada cuando un 25% o más del área de la superficie aparece fracturada. Las fracturas

deben ser únicamente las recientes, aquellas que no han sido producidas por la naturaleza, sino por procedimientos mecánicos.

- Pése los dos recipientes con las partículas fracturadas y anótese este valor. Tenga en cuenta la suma del peso de los dos recipientes, cuando determine las partículas con una sola cara fracturada.

Este ensayo se ajusta a la referencia normativa dado por la ASTM D5821.

2.4 INDICE DE APLANAMIENTO DE LOS AGREGADOS ASTM D 4791.

2.4.1 OBJETIVO:

Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

Este método no es aplicable a las fracciones del agregado con tamaño inferior a 6,3 mm (1/4").

2.4.2 EQUIPOS Y MATERIALES:

Dentro de ello se tiene:

- Calibradores metálicos, uno de ranuras (calibrador de espesores) y otro de barras (calibrador de longitudes).
- Tamices de diferentes diámetros.

- Balanza, con una sensibilidad de $\pm 0,1\%$ el peso de la muestra de agregados que se ensaya.
- Equipo misceláneo: cuarteador de agregados, bandejas, etc.

2.4.3 TRATAMIENTO DE LA MUESTRA:

Una vez que el material se ha recibido en el laboratorio, se separa por cuarteo una muestra representativa, con cantidad suficiente para realizar el ensayo.

Una vez así separada la muestra para ensayo, se procede a determinar su análisis granulométrico, de acuerdo con la norma MTC E204, usando los tamices. El porcentaje del peso retenido entre cada dos tamices sucesivos de la serie se denomina R_i , siendo, el tamiz de abertura menor. En la tabla N° 9 se tiene información respecto al dimensionamiento de calibración en mm.

Previo al cuarteo, se separan por tamizado las distintas fracciones de la muestra. Las fracciones del agregado cuyo porcentaje sea inferior al 5% de la muestra no se consideran al ensayo.

De cada fracción del agregado cuyo porcentaje en la muestra este comprendido entre el 5% y al 15%, es aquí donde se tomará un mínimo de 100 partículas, con la finalidad de

determinar su peso, P_i , en la balanza con aproximación del $\pm 0,1\%$.

Tabla N° 9: Dimensionamiento de Calibración en mm.

Tamices				Dimensiones del calibrador (mm)	
Pasa		Retiene		Aplanamiento	Alargamiento (Separación de las barras)(2)
mm	(pulg)	mm	(pulg)	Abertura de la ranura)(1)	
63	(2 1/2")	50	(2 ")	33,9	-----
50	(2 ")	37,5	(1 1/2")	26,3	78,8
37,5	(1 1/2")	25	(1 ")	18,8	56,3
25	(1 ")	19	(3/4")	13,2	39,6
19	(3/4")	12,5	(1/2")	9,5	28,4
12,5	(1/2")	9,5	(3/8")	6,6	19,8
9,5	(3/8")	6,3	(1/4")	4,7	14,2

Fuente: ICG – 2013.

De cada fracción del agregado cuyo porcentaje en la muestra sea superior al 15%, se tomará un mínimo de 200 partículas, determinando su peso, P_i , en la balanza con aproximación del $\pm 0,1\%$.

A continuación describimos el procedimiento para esta determinación:

- Para separar el material de forma aplanada de cada una de las fracciones de ensayo, estas son preparadas

haciéndolo pasar cada partícula en el calibrador de aplanamiento por la ranura cuya abertura corresponda a la fracción que se ensaya.

- La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa por la ranura correspondiente, se pesa (P_i) con aproximación del 0,1% del peso total de la muestra en ensayo.
- Para separar el material con forma alargada de cada una de las fracciones de ensayo, primero se hace pasar cada partícula en el calibrador de alargamiento por la separación entre barras correspondiente a la fracción que se ensaya.
- La cantidad total de partículas de cada fracción retenida entre las dos barras correspondientes, se pesa (P_{ai}) con aproximación del 0,1% de la masa total de la muestra de ensayo.

2.4.3 CÁLCULOS:

El índice de aplanamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_i , que pasa a través de la correspondiente ranura y el peso inicial, P_i , de dicha fracción.

$$\text{Índice de aplanamiento de la fracción (I}_{li}) = \frac{P_{li}}{P_i} \times 100$$

El índice de alargamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_{ai} , retenidas entre las correspondientes barras y el peso inicial, P_i , de dicha fracción:

$$\text{Índice de aplanamiento de la fracción (I}_{ai}) = \frac{P_{ai}}{P_i} \times 100$$

El valor obtenido para cada fracción ensayada, tanto del porcentaje de aplanamiento como del porcentaje de alargamiento, se redondeará al número entero más próximo. Los valores de los índices totales se obtienen utilizando las siguientes expresiones:

$$\text{Índice de aplanamiento} = \frac{\sum(I_{li} \times R_i)}{\sum R_i}$$

$$\text{Índice de alargamiento} = \frac{\sum(I_{ai} \times R_i)}{\sum R_i}$$

2.5 DURABILIDAD DE SULFATO DE SODIO MTC – E 209.

2.5.1 OBJETIVO:

Tiene por objetivo describir el procedimiento que debe seguirse, para determinar la resistencia a la desintegración de

los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio.

Este método suministra una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climáticas de la obra. Con él se puede hacer una estimación preliminar de la inalterabilidad de los agregados que se usarán para la fabricación de Concreto de Cemento Portland u otros propósitos. Los valores de porcentaje de pérdidas admisibles, resultantes de aplicar este método, generalmente difieren para agregados finos y agregados gruesos.

2.5.2 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS:

- En esta etapa solo se utilizaran los diferentes tipos de tamices como se muestra en la tabla N° 10 que indica la relación de tamices y en tabla N° 11 indica exclusivamente los tamices gruesos.
- Recipientes para la inmersión de las muestras de los agregados en la solución, de acuerdo con el procedimiento descrito en este método, perforados de tal manera que permitan la libre entrada de la solución para que pueda ponerse en contacto con la muestra y que haya el drenaje de la misma, sin que se produzca

pérdida de partículas del agregado. El volumen de la solución en la cual se sumergen las muestras será, por lo menos, cinco veces el volumen de la muestra sumergida.

Tabla N° 10: Relación de tamices.

TAMICES SERIE FINA		TAMICES SERIE GRUESA	
150 mm	(N° 100)	8,0 mm	(5/16")
300 mm	(N° 50)	9,5 mm	(3/8")
600 mm	(N° 30)	12,5 mm	(1/2")
1,18 mm	(N° 16)	16 mm	(5/8")
2,36 mm	(N° 8)	19 mm	(3/4")
4,00 mm	(N° 5)	25 mm	(1")
4,75 mm	(N° 4)	31,5 mm	(1 1/4")
		37,5 mm	(1 1/2")

Fuente: ICG – 2013.

Tabla N° 11: Tamices gruesos

TAMICES SERIE GRUESA	
500 mm	(2")
63 mm	(2 1/2")
Tamices mayores, de tamaños obtenidos cada 12,5 mm (1/2")	

Fuente: ICG – 2013.

- Canastas hechas de tela metálica, o de lámina perforada, con una abertura apropiada para el tamaño de las partículas de la fracción que van a contener.

- Regulación de la temperatura. Se dispondrá de un medio apropiado para regular la temperatura de la solución durante el periodo de inmersión.
- Balanzas, una con capacidad de 500 g y sensibilidad de 0,1 g, para pesar el agregado fino, y otra con capacidad de 5 kg y sensibilidad mínima de 1 g, para pesar el agregado grueso.
- Soluciones requeridas:
 - a) Solución de sulfato de sodio; se utiliza solución saturada de sulfato de sodio. Se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30°C (77 a 86 °F). Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra (Na_2SO_4) o cristalizada ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada. Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a 21 ± 1 °C (140 ± 2 °F) y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; se agita bien, inmediatamente antes de usarla, y en este momento debe tener un peso específico entre 1.151 y 1.174.

La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico. Para conseguir la saturación a 22 °C (71,6 °F) de agua, son suficientes 215 g de la sal anhidra o 700 g de la hidratada. No obstante, como estas sales no son completamente estables y puesto que es preferible que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda como mínimo, el empleo de 350 g de la sal anhidra y 750 g de la sal hidratada.

- b) Solución de sulfato de magnesio; se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30 °C (77 a 86 °F). Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra (MgSO_4) o cristalizada ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada. Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a una temperatura de 21 ± 1 °C (70 ± 2 °F), y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; inmediatamente antes de usarla se agita

bien, y en este momento tendrá un peso específico comprendido entre 1,295 y 1,302.

La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

Para conseguir la saturación a 23 °C (73,4 °F) de 1 dm³ de agua, son suficientes 350 g de la sal anhidra o 1230 g de la hidratada; no obstante, como estas sales no son completamente estables y la forma anhidra es la menos estable, y puesto que es necesario que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda el empleo de 1400 g, como mínimo, de sal hidratada por litro de agua.

2.5.3 TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS:

- a) **Para el agregado fino:** La muestra del agregado fino debe pasar toda por el tamiz de 9.5 mm (3/8"). La muestra tendrá el peso suficiente para poder obtener 100 g de cada una de las fracciones que se indican a continuación, que estén presentes en la muestra, cantidad mayor al 5%. En la tabla N° 12 se visualiza los tamices para fraccionamiento de muestras.

b) **Agregado grueso:** La muestra del agregado grueso debe ser un material del que se hayan eliminado todas las fracciones inferiores al tamiz de 4,75 mm (N° 4). Estos tamaños eliminados se ensayan de acuerdo con el procedimiento para el agregado fino. La muestra debe tener, como mínimo, el peso suficiente para obtener de ella, las cantidades de, las fracciones indicadas en la Tabla, que estén presentes en cantidad de 5% como mínimo. En la tabla N° 13 se detalla las características de los diversos tamices en mm.

Tabla N° 12: Tamices para fraccionamiento de muestra.

Fracciones			
Pasa tamiz		Retenido en tamiz	
9,5 mm	(3/8")	4,75 mm	(N° 4)
4,75 mm	(N° 4)	2,36 mm	(N° 8)
2,36 mm	(N° 8)	1,18 mm	(N° 16)
1,18 mm	(N° 16)	600 μ m	(N° 30)
600 μ m	(N° 30)	300 μ m	(N° 50)

Fuente: ICG – 2013.

Tabla N° 13: Tamices en milímetros (mm)

Tamices mm (pulgadas)			Peso (g)
Compuesto de material:			
de 4,75 mm a 9,5 mm	(N° 4 a 3/8")		300 ± 5
de 9,5 mm a 19,0 mm	(3/8" a 3/4")		1000 ± 10
Compuesto de material:			
de 9,5 mm a 12,5 mm	(3/8" a 3/4")	33%	330 ± 5
de 12,5 mm a 19,0 mm	(1/2" a 3/4")	67%	670 ± 10
de 19,0 mm a 37,5 mm	(3/4" a 1 1/2")		5000 ± 300
Compuesto de material:			
de 19,0 mm a 25,0 mm	(3/4" a 1")	33%	500 ± 30
de 25,0 mm a 37,5 mm	(1" a 1 1/2")	67%	1000 ± 50
de 37,5 mm a 63 mm	(1 1/2" a 2 1/2")		5000 ± 300
Compuesto de material:			
de 37,5 mm a 50 mm	(1 1/2" a 2")	40%	2000 ±
	200		
de 50 mm a 63 mm	(3/8" a 3/4")	40%	3000 ±
	300		
Tamices mayores obtenidos en			
Incrementos de 25 mm (1")			7000 ± 1000

Fuente: ICG – 2013.

c) Preparación de las muestras:

Para el agregado fino: La muestra se lava bien sobre un tamiz de 300 µm (N° 50); se seca hasta peso

constante, a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$) y se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera: Se hace primero una separación aproximada. De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separa la suficiente cantidad de muestra para poder obtener 100 g, después de tamizar sobre el correspondiente tamiz hasta rechazo (en general, son suficientes unos 110 g). Las partículas de agregado fino que quedan encajadas en la malla del tamiz, no se emplean en la preparación de la muestra. Las muestras de 100 g, de cada una de las fracciones, después del tamizado final, se pesan y colocan por separado en los recipientes para ensayo.

Para el agregado grueso: La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$) y se separa en las diferentes fracciones, por tamizado hasta rechazo. La cantidad requerida de cada una de estas fracciones, se pesa y se coloca, por separado, en los recipientes para ensayo. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 19 mm ($3/4''$), como en el caso anterior se cuenta también el número de partículas. Cuando son rocas deberán ser rotas en fragmentos uniformes, se

pesaran 100 g, de c/u. La muestra de ensayo pesará 5000 g \pm 2%. La muestra será bien lavada y secada antes del ensayo.

d) PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Las muestras se sumergen en la solución de sulfato de sodio o de magnesio, durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución, se mantienen a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$), durante todo el tiempo de inmersión.

Posterior a la inmersión, la muestra se saca de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 minutos y se la introduce en el horno, cuya temperatura se habrá regulado previamente a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$). Se secan las muestras hasta obtener un peso constante a la temperatura indicada. Durante el periodo de secado se sacan las muestras del horno, enfriándolas a la temperatura ambiente, y se pesan a intervalos de tiempo no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas. Se puede considerar que se ha alcanzado un peso

constante, cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, difieren menos de 0,1 g en el caso del agregado fino, o menos de 1,0 g en el caso del agregado grueso. Una vez alcanzado el peso constante, se sumergen de nuevo las muestras en la solución.

Número de ciclos. El proceso de inmersión y secado de las muestras se prosigue, hasta completar el número de ciclos que se especifiquen.

Después de eliminar todo el sulfato de sodio o de magnesio, cada fracción de la muestra se seca hasta obtener un peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F), y se pesa. Se tamiza el agregado fino sobre los mismos tamices en que fue retenido antes del ensayo, y el agregado grueso sobre los tamices indicados en la tabla N° 14 referido a los tamices gruesos.

Tabla N° 14: Relación de tamices gruesos.

Tamaño del Agregado		Tamiz empleado	
63 mm – 37,5 mm	(2 ½" – 1 ½")	3,15 mm	(1 1/4")
37,5 mm – 19,0 mm	(1 ½" – 3/4")	16,0 mm	(5/8")
19,0 mm – 9,5 mm	(3/4" – 3/8")	8,0 mm	(5/16")
9,5 mm – 4,75 mm	(3/8" – N° 4)	4,00 mm	(N° 5)

Fuente: ICG – 2013.

e) EXAMEN CUALITATIVO

Las fracciones de la muestra con tamaño mayor de 19.0 mm (3/4") se examinan cualitativamente después de cada inmersión.

El examen cualitativo constará de dos partes:

1. La observación del efecto que produce la acción del sulfato de sodio o de magnesio y la naturaleza de esta acción, y
2. El recuento del número de partículas afectadas.

La acción del sulfato puede manifestarse de muy diversas maneras; en general, podrá clasificarse como desintegración, resquebrajamiento, desmenuzamiento, agrietamiento, formación de lajas, descascaramiento, etc. Aunque sólo se requiere el examen cualitativo de las partículas con tamaño mayor de 19,0 mm (3/4"), se recomienda que también se examinen los tamaños inferiores, para observar si se produce un resquebrajamiento excesivo. Las referencias normativas para este ensayo se describen en la norma ASTM C88 y AASHTO T104.

2.6 EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS MTC E-114.

2.6.1 OBJETIVO:

Aquí se pretende determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos.

2.6.2 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS:

- Cilindro graduado de plástico, con diámetro interior de $31,75 \pm 0,381$ mm ($1 \frac{1}{4} \pm 0,015$ ") y altura de 431,8 mm (17") aproximadamente, graduado en espacios de 2,54 mm (0,1"), desde el fondo hasta una altura de 381 mm (15"). La base del cilindro debe ser de plástico transparente de 101,6 x 101,6 x 12.7 mm (4" x 4" x 1/2") bien asegurada al mismo.
- Tapón macizo de caucho o goma, que ajuste en el cilindro.
- Tubo irrigador, de acero inoxidable, de cobre o de bronce, de 6,35 mm (1/4 de diámetro exterior y 0,89 mm (0,035") de espesor, con longitud de 508 mm (20"), con uno de sus extremos cerrado formando una arista. Las caras laterales del extremo cerrado tienen dos orificios

de 1 mm de diámetro (calibre No. 60), cerca de la arista que se forma.

- Tubo flexible (de plástico o caucho) de 4,7 mm (3/16") de diámetro y de 1,20 m de largo, aproximadamente, con una pinza que permita cortar el paso del líquido a través del mismo. Este tubo conecta el sifón con el tubo irrigador.
- Dos botellas de 3,785 L (1 galón) de capacidad, el primero destinado a contener la solución de trabajo de cloruro de calcio; el tapón de este frasco lleva dos orificios, uno para el tubo del sifón y el otro para entrada de aire; el frasco debe colocarse a 915 ± 25 mm (36 ± 1 ") de altura sobre la mesa de trabajo. Mientras que el segundo destinado para contener la solución Stock.
- Dispositivo para tomar lecturas; un conjunto formado por un disco de asentamiento, una barra metálica y una sobrecarga cilíndrica. Este dispositivo está destinado a la toma de lecturas del nivel de arena y tendrá un peso total de 1 kg La barra metálica tiene 457 mm (18") de longitud; en su extremo inferior lleva enroscado un disco metálico de cara inferior plana perpendicular al eje de la barra; la cara superior de este disco de asentamiento es

de forma cónica. El disco lleva tres tornillos pequeños que sirven para centrarlo en el interior del cilindro.

- Recipiente metálico, de diámetro 57 mm (2 1/4") aproximadamente, con una capacidad de 85 ± 5 mL.
- Embudo, de boca ancha, de 100 mm (4") de diámetro.
- Reloj o cronómetro, para lecturas de minutos y segundos.
- Un agitador: de operación manual; que sea capaz de producir un movimiento oscilatorio a una razón de 100 ciclos completos en 45 ± 5 segundos, con ayuda manual y un recorrido medio de 127 ± 5 mm ($5,0 \pm 0.2$ ").
- Soluciones a preparar:
 1. La solución Stock tipo cloruro de calcio (CaCl_2), se utiliza las siguientes cantidades 454 g de cloruro de calcio anhidro, 2050 g (1 640 mL) de glicerina y 47g (45 mL) de formaldehído (en solución al 40 % en volumen). Modo de preparación: Se disuelve la cantidad indicada de cloruro de calcio (CaCl_2) en 1,90 L (1/2 galón) de agua destilada. Se deja enfriar esta solución y se pasa por papel de filtro rápido. A la solución filtrada se agregan los 2050 g de glicerina y la cantidad indicada de formaldehído. Se mezcla bien y se diluye hasta que la solución llegue a los 3,785 L

(1 galón) de volumen. El agua que se adiciona a esta solución debe ser agua destilada.

2. Solución de trabajo de cloruro de calcio (CaCl_2), se prepara con 88 mL de la solución Stock, diluida en agua destilada hasta completar 3,785 L (1 galón).

2.6.3 TRATAMIENTO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

Previamente se debe obtener al menos 1500 g de material que pase el tamiz de 4,76 mm (N° 4), para ello se debe seguir la siguiente secuencia:

- Separar la muestra por tamizado a mano o por medio de un tamizador mecánico.
- Antes de seleccionar la muestra de ensayo se deben desmenuzar todos los terrones de material fino.
- Remuévase cualquier cubierta de finos que se adhiera al agregado grueso: estos finos pueden ser removidos por secado superficial del agregado grueso, y frotación entre las manos sobre un recipiente plano. Añádase el material así removido a la porción fina de la muestra.

Así mismo para determinar la cantidad del material para el cuarteo, se pesará o se determinará el volumen de una porción de material igual a 4 moldes de medida, en la siguiente forma:

- Humedézcase el material para evitar segregación o pérdida de finos durante el proceso de separación o cuarteo, teniendo cuidado, al adicionar agua a la muestra, para mantener una condición de flujo libre de material.
- Usando el recipiente de medida, sáquense cuatro (4) de esas medidas de la muestra. Cada vez que obtenga una medida golpéese la parte inferior del recipiente sobre una superficie dura al menos cuatro (4) veces, para obtener una medida de material consolidado hasta el borde del recipiente.
- Determínese la cantidad de material contenido en estas cuatro (4) mediciones, ya sea por peso o por volumen del cilindro plástico.
- Retórnese este material a la muestra y realícese el cuarteo haciendo los ajustes necesarios para obtener el peso o el volumen anteriormente determinado. De este cuarteo se debe obtener, en los siguientes cuarteos, la cantidad suficiente de muestra para llenar la medida.
- Séquese cada espécimen de muestra hasta peso constante a 105 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y enfríese a temperatura ambiente antes de empezar el ensayo.

Cuando el ensayo se efectúe para controlar el cumplimiento de las especificaciones, puede permitirse, en muchos casos, ejecutarlos sin antes secar el material. Sin embargo, aquellos materiales que den valores menores que el mínimo especificado, deben volverse a ensayar con el material secado al horno. Si el equivalente de arena determinado en un ensayo con una muestra seca está por debajo del mínimo, será necesario realizar dos (2) ensayos adicionales con especímenes secos de la misma muestra.

La forma de preparar el número deseado de especímenes de la muestra de ensayo, tiene la siguiente secuencia:

- Humedézcase el material para evitar segregación o pérdidas de finos, manteniendo una condición de flujo libre.
- Sepárense por cuarteo de 1000 a 1500 g de muestra. Colóquese en un recipiente circular y mézclese hacia el centro, por lo menos durante 1 minuto, para lograr uniformidad. Revísese que la muestra tenga la humedad necesaria, exprimiendo firmemente una porción pequeña de la muestra en la palma de la mano. Si se forma una masilla que puede ser manejada con cuidado sin romperse, está en el rango correcto de humedad. Si la muestra está demasiado seca, se desmoronará y será

necesario añadir agua, volver a mezclarla y probar nuevamente hasta que el material forme una masilla plástica. Si la muestra presenta agua libre superficial estará demasiado húmeda y deberá secarse al aire, mezclándola frecuentemente para asegurar uniformidad y ensayándola nuevamente, hasta obtener una masilla que se pueda manejar.

Si el contenido de humedad al recibo de la muestra se encuentra dentro de los límites descritos anteriormente, la muestra puede ensayarse de inmediato. Si el contenido de humedad se debe modificar para su empleo, la muestra debe colocarse en un recipiente y cubrirse con una toalla húmeda, en forma tal que no toque el material y dejarla allí por 15 minutos, como mínimo.

Después del tiempo mínimo de curado, mézclase nuevamente por 1 minuto sin agregar agua y fórmese un cono con el material, utilizando un palustre.

Tómese el recipiente de medida en una mano y presiónese contra la base del cono mientras se sostiene a éste con la mano libre.

A medida que el recipiente atraviesa el cono manténgase suficiente presión en la mano para que el

material lo llene por completo. Presiónese firmemente con la palma de la mano compactando el material hasta que éste se consolide, el exceso debe ser retirado y desechado, enrasando con el palustre a nivel del borde del recipiente.

Para obtener especímenes adicionales, repítanse los pasos anteriores.

El procedimiento experimental para la determinación de equivalente de arena, suelos y agregados finos tiene la siguiente secuencia:

- Viértase solución de trabajo de cloruro de calcio en el cilindro de plástico graduado, con la ayuda del sifón, hasta una altura de $101,6 \pm 2,54$ mm ($4 \pm 0,1$ ").
- Con ayuda del embudo, viértase la muestra de ensayo en el cilindro graduado. Golpéese varias veces el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas de aire y remojar la muestra completamente. Déjese en reposo durante 10 ± 1 minuto.
- Al finalizar los 10 minutos (Periodo de humedecimiento), tápese el cilindro con un tapón y suéltese el material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo a la vez.

- Después de soltar el material del fondo, agítase el cilindro con cualquiera de los métodos siguientes:
 - ✓ Método del agitador mecánico: colóquese el cilindro tapado en el agitador mecánico y déjese en funcionamiento por un tiempo de 45 ± 1 s.
 - ✓ Método del agitador manual: asegúrese el cilindro tapado con las tres pinzas de resorte, sobre el soporte del agitador manual, y póngase el contador de ciclos en cero.
 - ✓ Párese directamente frente al agitador y fuércese el soporte hasta colocar el índice sobre la marca límite del émbolo pintada en el tablero, aplicando una fuerza horizontal sobre la biela resortada del lado derecho. Luego retírese la mano de la biela y permítase que la acción del resorte de ésta mueva el soporte y el cilindro en la dirección opuesta sin ayudarlo y sin impedimento alguno. Aplíquese suficiente fuerza a la biela resortada, con la mano derecha, durante el recorrido con empuje

para llevar el índice hasta la marca límite del émbolo, empujando la biela con la punta de los dedos para mantener un movimiento de oscilación suave. El centro de la marca del límite de carrera está colocado para proveer la longitud adecuada de movimiento y su ancho se ajusta al máximo de variación permitida. La cantidad correcta de agitación se logra solamente cuando el extremo del índice invierte su dirección dentro de los límites marcados. Una correcta agitación puede mantenerse mejor al usar solamente el movimiento del antebrazo y la muñeca para mover el agitador. Continúe la acción de agitación hasta completar 100 golpes.

- ✓ Método manual: sosténgase el cilindro en una posición horizontal y agítese vigorosamente con un movimiento lineal horizontal de extremo a extremo. Agítese el cilindro 90 ciclos en aproximadamente 30 segundos, usando un movimiento de 229 ± 25 mm (9 ± 1 "). Un ciclo está definido como

movimiento completo hacia adelante y hacia atrás. Para agitar el cilindro a esta velocidad, será necesario que el operador mueva únicamente los antebrazos mientras mantiene el cuerpo y los hombros descansados o relajados.

- ✓ Inmediatamente después de la operación de agitación, colóquese el cilindro verticalmente sobre la mesa de trabajo y remuévase el tapón.

La secuencia para el proceso de irrigación y **lectura de arcilla está dado por:**

- Mantener el cilindro vertical y la base en contacto con la superficie de trabajo. Colóquese el tubo irrigador en la parte superior del cilindro, aflójese la pinza de la manguera y lávese el material de las paredes del cilindro a medida que baja el irrigador, el cual debe llegar a través del material, hasta el fondo del cilindro, aplicando suavemente una acción de presión y giro mientras que la solución de trabajo fluye por la boca del irrigador. Esto impulsa hacia arriba el material fino que esté en el fondo y lo pone en suspensión sobre las partículas gruesas de arena.

- Continúese aplicando una acción de presión y giros mientras se lavan los finos, hasta que el cilindro esté lleno a la altura de 381 mm (15"); entonces, levántese el tubo irrigador suavemente sin que deje de fluir la solución, de tal forma que el nivel del líquido se mantenga cerca a dicha altura, mientras se extrae el tubo irrigador.(Importante: Regúlese el flujo justamente antes de que el tubo irrigador sea completamente sacado, y ajústese el nivel final a la lectura de 381 mm (15")).
- Déjese el cilindro y el contenido en reposo por 20 min ± 15 s. Comiencese a medir el tiempo inmediatamente después de retirar el tubo irrigador.
- Al finalizar los 20 minutos del período de sedimentación, léase y anótese el nivel de la parte superior de la suspensión arcillosa
- Este valor se denomina "**lectura de arcilla**". Si no se ha formado una línea clara de demarcación al finalizar el período especificado de 20 minutos, permítase que la muestra permanezca sin ser perturbada hasta que una lectura de arcilla pueda ser claramente obtenida; entonces, léase inmediatamente y anótese la altura de la suspensión arcillosa y tiempo total de sedimentación. Si

este último excede de 30 minutos, efectúese nuevamente el ensayo, usando tres especímenes individuales de la misma muestra y anótese la lectura de la columna arcillosa para la muestra que requiera el menor tiempo de sedimentación.

La secuencia para el proceso de irrigación y **lectura de arena** es:

- Después de tomar la lectura de arcilla, introdúzcase dentro del cilindro el conjunto del disco, la varilla y el sobrepeso, y baje suavemente el conjunto hasta que llegue sobre la arena. Evítese que el disco indicador de lectura golpee la boca del cilindro, mientras se baja el conjunto. A medida que el conjunto baje, manténgase uno de los tornillos de centraje del pie en contacto con la pared del cilindro sobre las graduaciones, de manera que sirva de índice para la lectura.
- Cuando el conjunto toque la arena, léase y anótese el de la ranura del tornillo, la cual se denominará "lectura de arena". Si la lectura se hace con el disco indicador, la "lectura de arena" se obtendrá restando 254 mm (10") del nivel indicado por el borde superior del indicador.
- Cuando el nivel de las lecturas, de arcilla o arena, esté entre líneas de graduación, se anotará la lectura

correspondiente a la graduación inmediatamente superior. Por ejemplo, si un nivel de arcilla es 7,95 se anotará como 8,0. Un nivel de arena de 3,22, se anotará como 3,3.

- Después de tomar las lecturas, sáquese el conjunto del cilindro, tape éste con su tapón de goma y sacúdase hacia arriba y hacia abajo en posición invertida hasta que el material sedimentado se deshaga y vacíese inmediatamente. Enjuáguese la probeta con agua dos veces.

2.6.4 CÁLCULOS:

El equivalente de arena se calculará con aproximación al décimo (0.1%), para ello se utiliza la siguiente expresión:

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

La referencia normativa para este tipo de ensayo y su determinación está dada por la norma de la ASTM D2419.

2.7 INDICE DE DURABILIDAD MTC E-214.

2.7.1 OBJETIVO:

Determinar la durabilidad de agregados; el índice de durabilidad es un valor que muestra la resistencia relativa de un agregado para producir finos dañinos, del tipo arcilloso, cuando

se somete a los métodos de degradación mecánica que se describen.

2.7.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO:

Este método es útil para permitir la precalificación de los agregados, propuestos para uso en la construcción de vías. Básicamente, el ensayo establece una resistencia de los agregados a generar finos, cuando son agitados en presencia de agua. Procedimientos de ensayos separados y diferentes son usados para evaluar las porciones gruesa y fina del material.

El método consiste en que una muestra de agregado grueso es preparada con una gradación específica y luego es lavada en un agitador mecánico durante 2 minutos. Después de secado y descartado el material que pasa el tamiz de 4,75 mm (Nº 4), la muestra de ensayo lavada es preparada a la gradación final del ensayo.

La muestra de agregado grueso es entonces agitada en el vaso mecánico de lavado, por un período de 10 minutos. El agua de lavado resultante, junto con los finos que pasan el tamiz de 75 μm (Nº 200), son unidos y mezclados con una solución de cloruro de calcio y depositados en un cilindro plástico. Después de un tiempo de sedimentación de 20 minutos, se lee el nivel de la columna de sedimentación. La altura del valor de

sedimentación es usada entonces para calcular el índice de durabilidad del agregado grueso.

La muestra de agregado fino se prepara lavando una cantidad específica de material en el vaso mecánico de lavado por un período de 2 min. Todo el material que pasa el tamiz de 75 μm (Nº 200) mediante operación de lavado, es descartado. La porción que no pasa dicho tamiz es secada y tamizada por 20 min. Todos los tamaños del tamizado, incluyendo, aquella fracción recogida en el depósito final, son recombinados. La muestra final de ensayo se prepara a partir de este material lavado, secado y recombinado.

La muestra de agregado se ensaya según la norma MTC E-114 (Equivalente de arena), excepto por una modificación a la duración del tiempo de agitación. Se requiere el método de agitación mecánica y se usa un tiempo de agitación de 10 min en vez de 45 s.

Este método incluye procedimientos de ensayo para agregados que exhiben una amplia variación en su gravedad específica, incluyendo agregados gruesos livianos y porosos y también procedimientos para ensayar agregados de tamaños máximos que en realidad son muy pequeños para ser considerados agregados gruesos y muy grandes para ser considerados agregados finos.

El índice de durabilidad para agregados gruesos o para agregados finos se calcula, según el caso, con ecuaciones apropiadas presentadas en el método. El índice de durabilidad de un agregado bien gradado, que contenga ambas fracciones (fina y gruesa), obtenidos de este ensayo. Este debe ser el valor que controle para propósitos de especificación.

2.7.3 USO Y SIGNIFICADO DEL MÉTODO:

Este ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y comportamiento arcilloso del material que puede ser generado en un agregado cuando se somete a degradación mecánica.

Un índice de durabilidad mínimo ha sido especificado para prohibir el uso de un agregado, en varias aplicaciones de construcción, propensas a degradación y consecuente generación de finos de comportamiento arcilloso.

Este método provee un ensayo rápido de evaluaciones de la calidad de una nueva fuente de agregados. Investigaciones han indicado que puede también usarse, en cambio del ensayo de durabilidad frente a la acción de una solución de sulfato de sodio, para evaluar la durabilidad del agregado fino de uso en el concreto, reduciendo así el consumo de tiempo y los costos incurridos en el ensayo de durabilidad.

Aunque la aplicación de este método se ha restringido a agregados para usos específicos de construcción, puede expandirse a otras áreas, como mezclas bituminosas de pavimento y concretos.

2.7.4 MATERIALES Y REACTIVOS:

Para realizar el método descrito se requiere de los siguientes materiales:

- Vaso mecánico de lavado, cilíndrico, de paredes rectas y fondo plano, conforme con las especificaciones y dimensiones.
- Recipiente colector o fondo de mallas, circular, de al menos 254 mm (1.0") de diámetro y de aproximadamente 102 mm (4") de profundidad, para recoger el agua resultante del lavado de la muestra. Tiene paredes verticales o casi verticales y está equipado con lo necesario para acoplar un tamiz, de tal forma que la malla del tamiz quede por lo menos a 76,2 mm (3") del fondo del recipiente. Puede usarse un adaptador, que evite la pérdida de finos y de agua de lavado, acoplando el tamiz y el recipiente, o puede colocarse un tamiz en blanco (sin malla) bajo el otro tamiz, que repose directamente en el fondo del recipiente.

- Sacudidor portátil tipo Tyler de tamices, modificado y ajustado para operar a 285 ± 10 ciclos completos por minuto. Los dos períodos de agitación, se llevan a cabo con este agitador modificado.
- Todo el equipo utilizado en la norma MTC E-114 (Equivalente de arena).
- Tamices de 1", 2", 3" y de 4"
- Balanza, con capacidad mínima de 500 g y precisión de 1 g.
- Termómetro de 0 – 100 °C.
- Reactivos:
Soluciones de stock y de trabajo, de cloruro de calcio, con los requisitos de la norma MTC E-114, "Equivalente de arena".
Agua destilada y, o, agua desmineralizada.

2.7.5 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

Las muestras de agregados para ser utilizadas en este ensayo están sujetas a la descripción dada con la norma MTC E-201.

Séquense suficientemente las muestras de agregados, para permitir su completa separación de tamaños mediante el tamiz de 4,75 mm (Nº. 4), y para desarrollar una condición de fluidez o libre movimiento de los agregados cuando pasan a través del tamiz.

En el pre tratamiento de la muestra, estas deben cumplir las siguientes características:

- El secado puede efectuarse por cualquier método, siempre y cuando no se excedan los 60 °C (140 °F) y no se degraden las partículas. Los métodos de secado más usados son el secado al sol, al horno y el uso de corrientes de aire caliente.
- Si la muestra contiene una cantidad apreciable de arcilla, densa vueltas al agregado a medida que se seca, para obtener un secado uniforme y evitar la formación de terrones duros de arcilla.
- Rómpanse los terrones duros y elimínense los finos que cubren los agregados gruesos, por cualquier método que no reduzca apreciablemente el tamaño natural de las partículas.
- Determínese la gradación de la muestra por tamizado, de acuerdo con la norma MTC E-107, con los tamices de 19,0; 12,5; 8,5; 4,75; 2,36 y 1,18 mm ($\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N° 4, N° 8, N° 16). Descártese cualquier material que sea retenido en el tamiz de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ ").
- Determínense los procedimientos de ensayo que se usarán para establecer el índice de durabilidad del agregado.

- Si menos del 10% pasa el tamiz de 4,75 mm (N° 4), ensáyese solamente el agregado grueso (procedimiento A)
- Si menos del 10% del agregado es de tamaño mayor que el tamiz de 4,75 mm (N° 4), ensayase únicamente el agregado fino (procedimiento B).
- Cuando ambas fracciones del agregado, grueso y fino, están presentes en cantidades iguales o mayores al 10%, y el porcentaje que pasa el tamiz de 1,18 mm (N° 16) es mayor del 10%, úsense ambos procedimientos, A y B, a las fracciones correspondientes, (procedimiento C)
- Si el porcentaje que pasa el tamiz de 1,18 mm (N° 16) es menor o igual al 10%.
- Si la mayoría del agregado (75 a 80%) se encuentra entre los tamices de 9,5 mm (3/8") y 1.18 mm (N° 16), úsense únicamente el procedimiento C.

a) TRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO:

Prepárese una muestra preliminar de ensayo, de 2550 ± 25 g, secada al aire, para ello utilicé como referencia la tabla

N° 15, a continuación se da la secuencia para su determinación:

- Séquese esta muestra preliminar, a peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$); déjese enfriar y pése.
- Deposítese la muestra preliminar de ensayo dentro de vaso mecánico de lavado, añádanse $1000 \pm 5 \text{ mL}$ de agua destilada o desmineralizada, ajústese la tapa del vaso y asegúrese el vaso en el agitador.

Tabla N° 15: Preparación de agregados para secado natural.

Tamaño del agregado	Peso seco al aire, g
19,0 a 12,5 mm ($\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ")	1070 ± 10
12,5 a 9,5 mm ($\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{8}$ ")	570 ± 10
9,5 a 4,75 mm ($\frac{3}{8}$ " a No. 4)	910 ± 5
	2550 ± 25

Fuente: ICG – 2013.

- Debido a la baja gravedad específica o a la alta absorción de ciertos agregados, las proporciones de agregado y agua pueden no permitir la fricción deseada entre las partículas. El ensayo de estos materiales requerirá un ajuste al peso del espécimen

de ensayo o al volumen del agua, tanto de lavado como de ensayo, o a ambos:

- Lávense todos los materiales que no se inundan completamente cuando se agregan 1000 mL de agua a la muestra de ensayo, y ensáyese con ajuste a los pesos del espécimen y a los volúmenes de agua.
- Para calcular el peso total de la muestra de ensayo, se debe usar la siguiente ecuación:

$$\text{Peso calculado de la muestra} = \frac{\text{Peso específico del agregado}}{2,65} \times W$$

- Luego se calcula el peso del material en cada tamaño proporcionalmente a los pesos especificados.
- Para el ajuste del volumen del agua de ensayo, se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Agua ajustada} = 1000 + (A \times W) - 50$$

Dónde:

A: Absorción del agregado, %

W: Peso de la muestra de ensayo secada al horno, g.

- Después de 60 ± 10 segundos de haber introducido el agua de lavado, agítese el vaso en el agitador de tamices, por un tiempo de 120 ± 5 segundos.

- Al terminar el periodo de 2 min de agitación, remuévase el vaso del agitador, destápese y cuélese su contenido por el tamiz de 4,75 mm (N° 4). Lávense los finos remanentes en el vaso con la ayuda de una manguera, de forma tal que el agua de lavado pase por el tamiz y caiga en el mismo recipiente de los agregados que lo atravesaron, hasta que salga limpia el agua.
- Séquese la fracción retenida en el tamiz de 4,75 mm (N° 4) a peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y pésese. Es igual o menor a 75 g. Si la pérdida de peso excede los 75 g, la muestra preliminar de ensayo puede conservarse y ser usada, siempre y cuando una segunda muestra se lave mediante el mismo procedimiento y las dos muestras sean combinadas de acuerdo con los pesos especificados para proveer la muestra de ensayo deseada.
- Determínese la gradación a ser usada en la preparación de la muestra de ensayo preliminar para ello utilice la tabla N° 16 que está referido al secado de materiales en función de su malla.

- Prepárense 2500 g de muestra de ensayo preliminar usando la gradación descrita líneas arriba. Séquese esta muestra hasta peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

Tabla N° 16: Secado de materiales en función a su malla.

Tamaño del agregado	Peso seco al horno, g
19,0 a 12,5 mm (3/4" a 1/2")	1050 ± 10
12,5 a 9,5 mm (1/2" a 3/8")	550 ± 10
9,5 a 4,75 mm (3/8" a N° 4)	900 ± 5
	2500 ± 25

Fuente ICG – 2013.

- Después de permitir que se enfríe el material secado al horno, sepárese el agregado grueso lavado, en los tamices de 12,5, 9,5 y 4,75 mm (1/2", 3/8", N° 4). Descártese el material que pasa el tamiz de 4,75 mm (N° 4).
- b) **PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA EL AGREGADO GRUESO:**
- Colóquese el cilindro plástico (el mismo requerido en la norma MTC E-114 para obtención del equivalente

de arena) sobre una mesa de trabajo, la cual no debe estar expuesta a vibraciones durante el proceso de sedimentación del ensayo. Viértanse 7 mL (0,24 onzas) de la solución base del cloruro de calcio dentro del cilindro. Colóquense los tamices de 4.75 mm (Nº 4) y de 75 µm (Nº 200) sobre el recipiente recolector del agua de lavado con el tamiz de 4.75 mm (Nº 4) arriba, el cual sirve sólo para proteger el tamiz de 75 µm (Nº 200).

- Colóquese la muestra de ensayo lavada, en el vaso mecánico de lavado. Añádase luego la cantidad de agua destilada o desmineralizada, ajústese la tapa y colóquese el vaso en el agitador. Comiencese la agitación después de 60 segundos de haber vertido el agua de lavado. Agítese el vaso por 600 ± 015 segundos.
- Inmediatamente después de agitado, retírese el vaso del agitador y quítesele la tapa. Agítese el contenido del vaso sostenido verticalmente, en forma vigorosa, con movimientos horizontales - circulares, cinco o seis veces, para, poner los finos en suspensión e inmediatamente viértase este contenido en el recipiente colector de agua de lavado con los

tamices. Descártese el material retenido en el tamiz de 4.75 mm (Nº 4). Recójase toda el agua de lavado y material que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200) en el recipiente colector. Para asegurar que el material de tamaño inferior al del tamiz de 75 µm (Nº 200) ciertamente pasa por dicho tamiz, deben seguirse los siguientes pasos: a) A medida que se cuele el material por el tamiz de 75 µm (No. 200), debe golpearse repetidamente el lado del tamiz con la mano; b) Si aún queda una concentración retenida en el tamiz, debe reciclarse el agua de lavado. Para ello debe primero dejarse reposar el agua del colector permitiendo que asienten las partículas mayores. Luego, si el agua es un poco más clara de la parte superior puede depositarse en otro recipiente y volverse a verter sobre los tamices, para caer de nuevo en el recipiente colector, lavando así las partículas remanentes. Debe repetirse este reciclaje hasta que todas las partículas que deben pasar por el tamiz de 75 µm efectivamente pasen y se junten en el recipiente colector.

- Añádase agua destilada o desmineralizada, hasta dar el volumen de 1000 ± 5 mL de agua sucia.

Transfírase el agua de lavado a otro recipiente adecuado para agitar y verter su contenido.

- Colóquese un embudo en el cilindro plástico graduado. Agítase manualmente el agua de lavado para poner los finos en suspensión. Estando aún en turbulencia, viértase el agua de lavado dentro del cilindro graduado, en cantidad tal, que llegue el nivel del agua a la marca de 381 mm (15").
- Remuévase el embudo, colóquese el tapón en el extremo del cilindro y prepárese para mezclar el contenido inmediatamente.
- Mézclese el contenido mediante movimientos alternados de agitación hacia arriba y hacia abajo a la derecha y a la izquierda, haciendo que la burbuja atraviese completamente el cilindro 20 veces en 35 segundos aproximadamente.
- Completándose el proceso de mezclado, colóquese el cilindro sobre la mesa de trabajo y remuévase el tapón. Déjese reposar el contenido del cilindro por 1200 ± 15 segundos cuidando de no perturbarlo. Exactamente al final de este tiempo léase y regístrese la altura de la columna de sedimentación, con aproximación de 2.5 mm (0.1").

c) PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE AGREGADO FINO:

- Cuartéese una porción representativa del material que pasa por el tamiz de 4.75 mm (N° 4), en cantidad suficiente para obtener un peso secado al horno de 500 ± 250 g.
- Séquese la muestra preliminar de ensayo a peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 09 °F). Enfríese a la temperatura ambiente.
- Colóquese la muestra de ensayo en el vaso mecánico de lavado, añádanse 1000 ± 5 mL de agua destilada y desmineralizada, y tápese el vaso. Asegúrese el vaso en el agitador con suficiente tiempo para comenzar la agitación después de 600 ± 30 segundos de haber introducido el agua de lavado. Agítese el vaso por un periodo de 120 ± 5 segundos.
- Después de completar el periodo de agitación por 2 minutos, retírese el vaso del agitador, destápese y cuélese cuidadosamente su contenido a través del tamiz de 75 μ m (N° 200), protegido con el tamiz de 4.75 mm (N° 4). Enjuáguese el vaso y el tamiz con ayuda de una manguera, de manera que el agua de lavado caiga en el mismo recipiente de los agregados

que pasaron el tamiz de 75 μm (N° 200), hasta que el agua que pasa por el tamiz salga clara.

- Puede ser necesario fluidificar aquellas muestras que sean arcillosas o limosas, antes de verterlas sobre el tamiz, para prevenir el taponamiento del tamiz de 75 μm (N° 200). Se hace esto añadiendo agua al vaso después del período de agitación. La fluidificación repetida puede ser necesaria en casos extremos, antes de que el contenido del vaso sea vertido en el tamiz.
- Después del lavado, transfírase el material retenido en el tamiz a un recipiente desecado y séquese hasta peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$). Es necesario lavar el material retenido en el tamiz de 75 μm (N° 200) para transferirlo al recipiente de secado. Déjese el recipiente en una posición inclinada, hasta que el agua libre que drena por el lado más bajo sea clara. Luego desalójese esta agua clara. Úsense recipientes grandes para extender la muestra y alimentar la velocidad de secado.
- Después de permitir que el material secado al horno se enfríe, tamícese la muestra de ensayo, por 20

minutos, usando los siguientes tamices: 2.36 y 1. 18 mm, 600, 300, 150 y 75 μm (Nos. 8, 16, 30, 50, 100 y 200).

- Después de averiguar la granulometría de la muestra de ensayo lavada, recombínese todo el material retenido en los diferentes tamaños, con el material que pasa el tamiz de 75 mm (N° 200) que fue colectado en el recipiente colector.
- Cuartéese una cantidad suficiente del material lavado y tamizado, para llenar la lata de medida de 85 mL (3 onzas) hasta el borde. Mientras se llena la lata, golpéese su fondo sobre otra superficie dura para causar la consolidación del material y permitir que quepa la mayor cantidad de material en la lata. Téngase especial cuidado en este procedimiento para lograr una muestra verdaderamente representativa.

d) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA LA MUESTRA DE AGREGADO FINO:

Hágase un ensayo de equivalente de arena de acuerdo con la norma MTC E-114, con la excepción de que se debe usar un agitador mecánico para agitar

continuamente el cilindro y su contenido por un tiempo de 600 ± 15 segundos.

El procedimiento ha sido desarrollado para ensayar agregados que están contenidos principalmente entre los tamices de 9.5 mm y 1,18 mm (3/8" y N° 16) (gravilla, confitillo). Estos agregados son muy finos para ser ensayados como agregados gruesos y muy gruesos para ser ensayados como arena. Se sigue el siguiente procedimiento:

- Llénese el cilindro plástico hasta el nivel de 102 ± 2.5 min ($4 \pm 0,1$ ") con agua destilada o desmineralizada. Viértase el espécimen de ensayo preparado dentro del cilindro mediante un embudo para evitar derramamiento. Golpéese súbitamente el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar cualquier burbuja y ayudar al humedecimiento total del espécimen. Déjese reposar el cilindro por 10 ± 1 minutos.
- Tápese el cilindro, remuévase el material del fondo, y colóquese el cilindro en el agitador mecánico del equivalente de arena. Actívese el cronómetro y permítase que la máquina agite el cilindro y su contenido por 30 ± 1 minutos.

- Al final del periodo de agitación, sáquese el cilindro del agitador y transfírase el agua y el material que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) a un segundo cilindro que contiene 7 mL (0,24 oz) de solución base de cloruro de calcio. Para ello, deben ensamblarse los tamices de 2,36 mm y de 75 μm (N° 8 y N° 200) con un embudo que descarga al segundo cilindro, debe golpearse el fondo del primer cilindro (aún tapado) y agitarse para aflojar su contenido, luego invertirlo sobre el embudo con los tamices, quitar el tapón y dejar que se cuele el contenido a través de los tamices y que descargue el material que pase, en el segundo cilindro. Luego añádase suficiente agua fresca destilada, hasta que el nivel del líquido en el segundo cilindro sea de 380 mm (15").
- Tápese el segundo cilindro y mézclese su contenido invirtiéndolo 20 veces en 35 segundos.
- Permítase que el cilindro repose no disturbado, por 1200 ± 15 segundos (20 minutos) desde el momento de haber completado la operación de mezcla; luego léase la marca de la suspensión arcillosa con precisión de 2,5 mm (0,1").

2.7.6 CALCULOS:

- a) Para calcular el índice de durabilidad del **agregado grueso**, aproximándolo al entero más cercano, se utiliza la siguiente relación:

$$D_c = 30,3 + 20,8 \cot (0,29 + 0,0059 H)$$

Dónde:

D_c : Índice de durabilidad

H : Altura de sedimentación, en mm, y la cantidad $(0.29 + 0.0059 H)$ en radianes.

- b) Para calcular el índice de durabilidad del **agregado fino**, aproximándolo al entero inmediatamente superior, usamos la siguiente expresión:

$$D_f = \frac{\text{Lectura de la arena}}{\text{Lectura de la arcilla}} \times 100$$

Las referencias normativas utilizadas para estas determinaciones son las dadas por la AASHTO T 210 y la ASTM D 3 744.

2.8 DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD MTC E-111.

2.8.1 OBJETIVO:

Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y calcular el índice de plasticidad (I.P.) conociendo el límite líquido (L.L.) del mismo suelo. El límite plástico (L.P.) viene a

ser la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

2.8.2 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS:

Dentro de ello se tiene:

- Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- Balanza, con aproximación a 0,01 g.
- Horno o estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Tamiz, de 426 μ m (N° 40).
- Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.
- Agua destilada.

2.8.3 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

En caso que se quiera determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 mm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se

amasada con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 gr a 2,0 gr de dicha esfera como muestra para el ensayo.

El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.

Si se requiere determinar el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E-110 (determinación del límite líquido de los suelos).

La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

2.8.4 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

- Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
- El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.
- La porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

2.8.5 CÁLCULOS:

- a) **Límite plástico:** Se debe calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados, en la tabla N° 17 se da información de la estimación en la precisión de un operador.

Tabla N° 17: Estimación de precisión para el límite plástico.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio Límite Plástico	3,7	10,6

Fuente: ICG – 2013.

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula haciendo uso de la siguiente expresión:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

b) Índice de plasticidad

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Dónde:

L.L. : Límite Líquido

P.L. : Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico). Las referencias Normativas para estas determinaciones son: la AASHTO T 90 y la ASTM D 4 318.

2.9 DETERMINACION DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS MTC – E-219.

2.9.1 OBJETIVO:

Este método nos permitirá determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases mezclas bituminosas. Este método sirve para efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de la existencia de sales solubles en las muestras de agregados.

2.9.2 RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO:

Una muestra de agregado pétreo se somete a continuos lavados con agua destilada a ebullición, hasta la total de sales.

La presencia de éstas, se detecta mediante reactivos químicos, los cuales, al menor indicio de sales forman precipitados fácilmente visibles. Del agua total de lavado, se toma una parte alícuota y se procede a cristalizar para determinar la cantidad de sales presentes.

2.9.3 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS:

- Balanza sensibilidad 0,01 gramo.
- Estufa eléctrica.
- Mecheros de bunsen.
- Matraces aforados.
- Vasos de precipitado.
- Pipetas graduadas y volumétricas.
- Tubos de ensayo.
- Solución de Nitrato de Plata.
- Solución de Cloruro de Bario.
- Agua destilada.

2.9.4 EXTRACCION Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA:

La muestra a ensayar se debe extraer y preparar previamente; para ello es necesario que la cantidad de muestra debe ajustarse según la tabla N° 18 que está referido a la extracción y a la cantidad de agregados a utilizar.

Tabla N° 18: Cantidad para la extracción de Agregados.

Agregado pétreo	Cantidad mínima (g)	Aforo mínimo (mL)
Grava 50 – 20 mm	1,000	500
Grava 20 – 5 mm	500	500
Arena 5 mm	100	500

Fuente: ICG – 2013.

2.9.5 PROCEDIMIENTO:

- Secar la muestra en horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante, aproximado a 0,01 gramo, registrando esta masa como A.
- Colocar la muestra en un vaso de precipitado, agregar agua destilada en volumen suficiente para cubrir unos 3 cm sobre el nivel de la muestra y calentar hasta ebullición.
- Agitar durante 1 minuto. Repetir la agitación, a intervalos regulares, hasta completar cuatro agitaciones en un periodo de 10 minutos.
- Decantar como mínimo 10 minutos hasta que el líquido se aprecie transparente, y trasvasiar el líquido sobrenadante a otro vaso. Determinar en forma separada, en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos. La presencia de cloruros se detecta con unas

gotas de nitrato de plata formándose un precipitado blanco de Cloruro de Plata, la de sulfatos con unas gotas de cloruro de Bario dando un precipitado blanco de Sulfato de Bario.

- Todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez enfriados, se vacían a un matraz aforado y se enrasa con agua destilada. En caso de tener un volumen superior, concentrar mediante evaporación. Registrar el aforo como B.
- Tomar una alícuota de un volumen entre 50 y 100 mL, de la muestra previamente homogenizada, del matraz aforado y registrar su volumen como C.
- Cristalizar la alícuota en un horno a $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta masa constante y registrar dicha masa como D.

$$\% \text{ Sales Solubles} = \frac{1}{\frac{\hat{C} \times A}{D \times B}} \times 100$$

Este método sigue la normatividad dado por LNY 8 (Chile).

2.10 ENSAYO MARSHALL MTC E-504.

Este método de ensayo está basado en las Normas ASTM D 1559, AASHTO T 245 y NLT 159/86, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este método de ensayo está sujeto a revisión y actualización continua.

2.10.1 OBJETIVO:

Este método de ensayo describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas para pavimentación. El procedimiento puede emplearse tanto para el proyecto de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas.

2.10.2 RESUMEN DEL METODO DE ENSAYO:

- 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, preparadas como se describe en esta norma, rompiéndolas posteriormente en la prensa Marshall y determinando su estabilidad y deformación. Si se desean conocer los porcentajes de vacíos de las mezclas así fabricadas, se determinarán previamente los pesos específicos de los materiales empleados y de las probetas compactadas, antes del ensayo de rotura, de acuerdo con las normas correspondientes.
- El procedimiento se inicia con la preparación de probetas de ensayo, para lo cual los materiales propuestos deben cumplir con las especificaciones de granulometría y demás, fijadas para el proyecto. Además, deberá determinarse previamente el peso específico aparente de los agregados,

así como el peso específico del asfalto, y el análisis de densidad-vacíos.

- 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 que al graficar los valores obtenidos después de ser ensayadas, permitan determinar ese valor "óptimo".
- Cuando se utilizan asfaltos líquidos, se preparan y compactan muestras de prueba con distintos porcentajes de asfalto líquido como en el caso del cemento asfáltico, excepto que la temperatura de compactación se toma con base en la viscosidad del asfalto después del curado o sea cuando ha liberado la cantidad especificada de solventes.

2.10.3 EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS:

- a) **Dispositivo para moldear probetas.** Consiste en una placa de base Plana, con su molde y collar de extensión cilíndricos. El molde deberá tener un diámetro interior de 101,6 mm (4") y altura aproximada de 76,2 mm (3"); la placa de base y el collar de extensión deberán ser intercambiables, es decir, ajustables en cualquiera de los dos extremos del molde. Se recomienda disponer de tres

(3) moldes. Para facilidad de manejo, es conveniente que el molde este provisto de agarraderas.

- b) **Extractor de probetas:** Material de acero en forma de disco con diámetro de 100 mm (3.95") y 13.0 mm (1/2") de espesor, utilizado para extraer la probeta compactada del molde, con la ayuda del collar de extensión. Se requiere de un elemento adecuado para transferir suavemente la probeta del molde al collar.

- c) **Martillo de compactación:** Consiste en un dispositivo de acero formado por una base plana circular de 98,4 mm (3 7/8") de diámetro y un pisón de 4,53 kg (10 lb) de peso total, montado en forma que proporcione una altura de caída de 457,2 mm (18"). El martillo de compactación puede estar equipado con el protector de dedos.

- d) **Pedestal de compactación:** Consistente en una pieza prismática de madera de base cuadrada de 203,2 mm de lado y 457.2 mm de altura (8" x 8" x 18") y provista en su cara superior de una platina cuadrada de acero de 304.8 mm de lado x 25,4 mm de espesor (12" x 12" x 1"), firmemente sujeta en la misma. La madera será roble u otra clase cuya densidad seca sea de 670 a 770 kg/m³ (42 a 48 lb/pie³). El conjunto se fijará firmemente a una

base de concreto, debiendo quedar la platina de acero en posición horizontal.

- e) **Soporte para molde:** Consistente en un dispositivo con resorte de tensión diseñado para centrar rígidamente el molde de compactación sobre el pedestal. Deberá asegurar el molde completo en su posición durante el proceso de compactación.

- f) **Mordaza y medidor de deformación:** La mordaza consistirá en dos segmentos cilíndricos, con un radio de curvatura interior de 50.8 mm (2") finamente acabado. El segmento inferior, que terminará en una base plana, irá provisto de dos varillas perpendiculares a la base y que sirven de guía al segmento superior. El movimiento de este segmento se efectuará sin rozamiento apreciable. El medidor de deformación consistirá en un deformímetro de lectura final fija y dividido en centésimas de milímetro, firmemente sujeto al segmento superior y cuyo vástago se apoyará, cuando se realiza el ensayo, en una palanca ajustable acoplada al segmento inferior.

- g) **Prensado:** Para la rotura de las probetas se empleará una prensa mecánica con una velocidad uniforme de

desplazamiento de 50,8 mm por minuto. Puede tener un motor eléctrico unido al mecanismo del pistón de carga.

- h) Medidor de la estabilidad:** La resistencia de la probeta en el ensayo se medirá con un anillo dinamométrico acoplado a la prensa, de 20 kN (2039 kgf) de capacidad, con una sensibilidad de 50 N (5 kgf) hasta 5 kN (510 kgf) y 100 N (10 kgf) hasta 20 KN (2039 kgf). Las deformaciones del anillo se medirán con un deformímetro graduado en 0,001 mm.
- i) Elementos de calefacción:** Para calentar los agregados, material asfáltico, conjunto de compactación y muestra, se empleará un horno o placa de calefacción, provisto de control termostático, capaz de mantener la temperatura requerida con un error menor de 2,8 °C (5 °F).
- j) Mezcladora:** Para la operación de mezclado de los materiales, se realizará con una mezcladora mecánica capaz de producir, en el menor tiempo posible, una mezcla homogénea a la temperatura requerida. Si la operación de mezclado se realiza a mano, para evitar el enfriamiento de los materiales, este proceso se realizará sobre una placa de calefacción o estufa, tomando las

precauciones necesarias para evitar los sobrecalentamientos locales.

- k) **Tanque para agua:** de 152,4 mm (6") de profundidad mínima y controlado termostáticamente para mantener la temperatura a $60^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ ($140 \pm 1,8^{\circ} \text{F}$) o $37,8 + 1^{\circ} \text{C}$ ($100^{\circ} \pm 1,8^{\circ} \text{F}$). El tanque deberá tener un falso fondo perforado o estar equipado con un estante para mantener las probetas por lo menos a 50.8 mm (2") sobre el fondo del tanque.
- l) **Tamices:** Conjunto de: 50 mm (2"), 37,5 mm (1 1/2"), 25.0 mm (1"), 19,0 mm (3/4") 12,5 mm (1/2 "), 9,5 mm (3/8"), 4,75 mm (N° 4), 2,36 mm (N° 8); 300 mm (N° 50), 75 mm (N° 200).
- m) **Cámara de aire:** para las mezclas con asfalto líquido, controlada termostáticamente y la cual debe mantener la temperatura del aire a $25^{\circ} + 1^{\circ} \text{C}$. ($77^{\circ} \pm 1,8^{\circ} \text{F}$).
- n) **Termómetros blindados:** De 10°C a 232°C (50°F a 450°F) para determinar las temperaturas del asfalto, agregados y mezcla, con sensibilidad de $2,8^{\circ} \text{C}$. Para la temperatura del baño de agua se utilizará un termómetro con escala de 20°C a 70°C y (68°F a 158°F) y sensibilidad de $0,2^{\circ} \text{C}$ (0.4°F).

- o) Balanzas:** De cinco (5) kg de capacidad, sensible a un (1) g para pesar agregados y asfalto; otra de dos (2) kg de capacidad, sensible a 0,1 g para las probetas compactadas.
- p) Guantes de soldador:** para manejar equipo caliente; y sacar las muestras del baño de agua; y crayolas para rotular e identificar las probetas.
- q) Bandejas metálicas:** de fondo plano para calentar agregados y cubetas metálicas redondas de 4 litros (1 galón) de capacidad, para mezclar asfalto y agregados, cucharones, recipiente con vertederos, espátulas, papel de filtro, etc.

3.10.4 PREPARACION DE PROBETAS:

- **Número de probetas:** Para una gradación particular del agregado, original o mezclada, se preparará una serie de probetas con diferentes contenidos de asfalto (Con incrementos de 0,5 % en peso, entre ellos), de tal manera que los resultados se puedan graficar en curvas que indiquen un valor "Optimo" definido, con puntos de cada lado de este valor. Como mínimo se prepararan tres probetas para cada contenido y preferiblemente cinco.

- **Cantidad de materiales:** Un diseño con seis contenidos de asfalto, necesitará entonces por lo menos dieciocho (18) probetas. Para cada probeta se necesitan aproximadamente 1,2 kg de agregados: el mínimo necesario para una serie de muestras de una gradación dada será entonces de 23 kilos (50 lb) y alrededor de 3,75 L (1 galón) de cemento asfáltico, asfalto líquido o de alquitrán. Se requiere, además, una cantidad extra de material para análisis granulométricos y determinación de pesos específicos.
- **Preparación de los agregados:** Los agregados se secarán hasta peso constante entre 105 °C y 110 °C (221 °F y 230 °F) y se separarán por tamizado en los tamaños deseados; para ello se recomiendan las siguientes porciones a considerar:
 - 25,0 a 19,0 mm (1" a 3/4");
 - 19,0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8 ");
 - 9,5 a 4.75 mm (3/8" a N° 4);
 - 4,75 a 2,36 mm (N° 4 a N° 8); pasa 2.36 mm (N° 8).
- **Determinación de las temperaturas de mezcla y compactación:** La temperatura a la cual se calentará el cemento asfáltico para las mezclas, será la requerida para producir una viscosidad de 170 ± 20 centistokes (1

centistoke = $1 \text{ mm}^2 / \text{s}$). La temperatura a la cual deberá calentarse el cemento asfáltico para que tenga una viscosidad de 280 ± 30 centistokes, será la temperatura de compactación. Para asfaltos líquidos, la temperatura de mezclado, que es la que se debe alcanzar para que tenga una viscosidad de 170 ± 20 centistokes, puede determinarse a partir de la curva de viscosidad - temperatura del tipo y grado del asfalto que va a ser usado en cada caso particular.

- **Preparación de las mezclas:** Para ello se utilizarán bandejas taradas separadas para cada muestra, inicialmente se pesarán sucesivamente las cantidades de cada porción de agregados, previamente calculadas de acuerdo con la gradación necesaria para la fabricación de cada probeta, de tal forma que esta resulte con una altura de $63,5 \pm 1,27$ mm. Luego se calentarán los aireados en una plancha de calentamiento o en el horno a una temperatura de $28 \text{ }^\circ\text{C}$ ($50 \text{ }^\circ\text{F}$) por encima de la temperatura de compactación, cuando son mezclas con cemento asfáltico o alquitranes, a $14 \text{ }^\circ\text{C}$ ($25 \text{ }^\circ\text{F}$) (por encima) para mezclas con asfalto líquido. Se mezclan en seco los agregados y se forma a continuación un cráter en su centro, se añade la cantidad requerida de asfalto, debiendo

estar ambos materiales en ese instante a temperaturas comprendidas dentro de los límites establecidos para el proceso de mezcla. Se mezclan los materiales preferiblemente con mezcladora mecánica, o en su defecto, a mano con espátula. De todas formas, este proceso de mezclado deberá realizarse lo más rápidamente posible hasta obtener una mezcla completa y homogénea. El asfalto no deberá permanecer a la temperatura de mezcla por más de una hora. El curado se controla verificando el peso cada 10 o 15 minutos, haciendo comparación entre el peso de la mezcla y la pérdida de solvente. La mezcla se puede revolver con la espátula durante el curado para acelerar la pérdida de solvente. Todos los pesos deben hacerse con aproximación a ± 0.2 g.

- **Compactación de las probetas:** Simultáneamente con la preparación de la mezcla, el conjunto de collar, placa de base y la cara del martillo de compactación, se limpian y calientan en un baño de agua o en el horno a una temperatura comprendida entre 93 °C y 149 °C (200 °F y 300 °F). Se monta el conjunto de compactación en la base y se sujeta rígidamente mediante el soporte de fijación. Se coloca un papel de filtro en el fondo del molde antes de colocar la mezcla.

Colóquese toda la mezcla recién fabricada en el molde, golpéese vigorosamente con una espátula o palustre caliente, 15 veces alrededor del perímetro y 10 Sobre el interior. Quítese el collar y alísese la superficie hasta obtener una forma ligeramente redondeada. La temperatura de la mezcla inmediatamente antes de la compactación. La temperatura deberá hallarse dentro de los límites de temperatura de compactación establecidos.

Vuélvase a poner el collar y colóquese el conjunto en el soporte y sobre el pedestal de compactación. Aplíquense 35, 50 o 75 golpes según se especifique (si no se indica, úsese 50 golpes; para asfalto líquido aplíquense 75 golpes), de acuerdo con el tránsito de diseño, empleando para el martillo de compactación una caída libre de 457 mm (18"). Manténgase el eje del martillo perpendicular a la base del molde durante la compactación Retírense la placa de base y el collar e inviértase; vuélvase a montar el molde, y aplíquese el mismo número de golpes a la cara invertida de la muestra.

Para el caso de asfaltos líquidos, el ensayo no se debe efectuar sino pasadas 16 horas luego de la compactación. Si la muestra debe ser almacenada por más de 24 horas antes del ensayo, se debe proteger de la exposición al aire

mediante sellado en un recipiente cerrado a prueba de aire. Después de la compactación, retírese la base y déjese enfriar la muestra al aire hasta que no se produzca ninguna deformación cuando se la saque del molde. Pueden utilizarse ventiladores de mesa cuando se desee un enfriamiento más rápido, pero en ningún caso agua, a menos que se coloque la muestra en una bolsa plástica. Sáquese la muestra del molde por medio de un gato u otro dispositivo apropiado, luego colóquese en una superficie plana, lisa. Generalmente se dejan enfriar las muestras durante la noche.

3.10.5 ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO:

- Colóquense las muestras preparadas con cemento asfáltico o con alquitrán a la temperatura especificada para inmersión en un baño de agua durante 30 o 40 minutos o en el horno durante 2 horas. Manténgase en el baño o el horno a $60^{\circ} + 1^{\circ}\text{C}$ ($140^{\circ} + 1,8^{\circ}\text{F}$) para las muestras de cemento asfáltico y a $37,80^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Colóquense las muestras preparadas con asfalto líquido a la temperatura especificada en la cámara aire por un mínimo de 2 horas. Manténgase la temperatura de la cámara a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($77^{\circ} + 1.8^{\circ}\text{F}$).

- Límpiense perfectamente las barras guías y las superficies interiores del molde de ensayo antes de la ejecución de este, y lubríquense las barras guías de tal manera que el segmento superior de la mordaza se deslice libremente. La temperatura del molde de ensayo deberá mantenerse entre 21,1 °C y 37,8 °C (70 °F y 100 °F) empleando un baño de agua cuando sea necesario.
- Retírese la probeta del baño de agua, horno o cámara de aire y colóquese centrada en el segmento inferior de la mordaza; se monta el segmento superior con el medidor de deformación y el conjunto se sitúa centrado en la prensa.
- Colóquese el medidor de flujo, en su posición de uso sobre una de las barras guía y ajústese a cero, mientras se mantiene firmemente contra el segmento superior de la mordaza.
- Manténgase el vástago del medidor de flujo firmemente en contacto con el segmento superior de la mordaza mientras se aplica la carga durante el ensayo.
- Aplíquese entonces la carga sobre la probeta con una prensa o gato de carga con cabeza de diámetro mínimo de 50,8 mm (2") a una razón de deformación constante de 50,8 mm (2") por minuto, hasta que ocurra la falla, es decir cuando se alcanza la máxima carga y luego disminuye

según se lea en el dial respectivo. Anótese este valor máximo de carga y, si es del caso, hágase la conversión. El valor total en newtons (libras) que se necesite para producir la falla de la muestra se registrar como su valor de estabilidad Marshall.

- Como se dijo antes, mientras se efectúa el ensayo de estabilidad deberá mantenerse el medidor de flujo firmemente en posición sobre la barra guía; libérese cuando comience a decrecer la carga y anotar la lectura. Este será el valor del "flujo" para la muestra, expresado en 0,25 mm (1/100"). Por ejemplo, si la muestra se deformó 3,8 mm (0.15") el valor del flujo será de 15. Este valor expresa la disminución de diámetro que sufre la probeta entre la carga cero y el instante de la rotura. El procedimiento completo, a partir de la sacada de la probeta del baño de agua, deberá realizarse en un periodo no mayor de 30 segundos.

Las referencias normativas para realizar este tipo de ensayo están dadas por la AASHTO T 245, ASTM D 1 559 y la NLT 159/86.

3.11 PARAMETROS A CUMPLIR SEGÚN PROYECTO DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE.

El diseño de mezcla asfáltica se realizará siguiendo la norma ASTM 1559-82 que trata de la "resistencia al flujo plástico de mezclas

bituminosa usando el método Marshall", de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas para este fin:

El óptimo contenido de asfalto se determinara dotando a la mezcla de características y condiciones adecuadas bajo las cuales la carpeta estará al servicio; las principales características son: % vacíos teniendo al límite inferior (3%), zona de clima frio, menor relación estabilidad / flujo, teniendo el flujo al límite superior (4 mm) entre otros. En la tabla N° 19 se detallan las especificaciones de la mezcla asfálticas en caliente; del mismo modo en la tabla N° 20 se reportan las especificaciones granulométricas MAC-2 y finalmente en la tabla N° 21 se dan las fórmulas de trabajo de carpeta asfáltica PEN 120/150.

3.12 DETERMINACIÓN DEL DISEÑO MARSHALL.

Esta norma describe el procedimiento que debe seguir para la determinación de la densidad Bulk y el porcentaje de vacíos para cada serie de muestras asfálticas mediante el cálculo y análisis de los diferentes pesos y volúmenes.

Tabla N° 19: Especificaciones de la mezcla asfáltica en caliente.

PARÁMETROS	DISEÑO PRESENTADO	ESPECIFICACIÓN PARA TRAFICO PESADO
Marshall (MTC-E 504)		
1. Estabilidad (kg)	945	Min. 815
2. Flujo en mm.	3,42	2 – 4
3. % Vacíos con aire (MTC-E 505)	3,5	3 – 5
4. %Vacíos en el agregado mineral VMA	18,4 75	75
5. Compactación por capa en cada testigo		
c. Inmersión – Compresión (MTC-E 518)	92,3	70
1. Resistencia – Retenida % Min		
D. Relación Polvo / Asfalto	1,2	0.6 – 1.3
e. Relación Estabilidad / Flujo	2767	2025 – 3500
f. Índice de Compactibilidad	9,4	Min. 5

Fuente: ICG – 2013.

Tabla N° 20: Especificaciones granulométricas MAC-2.

MALLA	CURVA GRANULOMÉTRICA	ESPECIFICACIONES
¾	100	100
½	90,7	80 – 100
3/8	76,4	70 – 88
N° 4	60,5	51 – 68
N° 10	44,1	38 – 52
N° 40	19,1	17 – 28
N° 80	13,4	8 – 17
N° 200	9,6	4 - 8

Fuente: ICG – 2013.

Tabla N° 21: Formula de trabajos de la carpeta asfáltica PEN 120/150.

PARÁMETROS	DISEÑO TEÓRICO	FORMULA DE TRABAJO	ESPECIFICACIONES
% Cemento Asfáltico PEN 120-150	6,5	6,5	-
% Agregado grueso	39,5	39,5	-
% Arena Triturada	60,5	60,5	-
% Filler Cal Hidratada	2,0	2,0	-
% Aditivo AR RED RADICOTE	0.4 – 0.5	0.4 – 0.5	-
Temperatura Mezcla en Planta	145° C	145° C	-
Temperatura colocación en Pista	130.° C	130° C	-
Temperatura inicio Rodillado	125° C	120° C	-
Temperatura final Rodillado	90° C	85° C	-
Temperatura ambiente	12° C	14° C	-
Estabilidad	945 KG	1075 KG	MIN, 815 KG
Flujo en mm	3,42	3,15	2 – 4 mm
% vacíos	3.5	4,0	3 – 5 %
% VFA	81,2	79,4	
% VMA	18.4	14,3	
Factor Rigidez Kg/cm	2767	3450	2025 – 3500
% Compactación	-	98.0 %	Min, 98%
% Vacíos campo	-	4,3%	-
Índice de Compactibilidad	9,4 %	7,3%	Min, 5
Estabilidad Retenida	92,3 %	92,9	Min, 70%
Relación en Filler/Betún	1,2 %	0,97	0,6 – 1,3

Fuente: ICG – 2013.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

INTRODUCCIÓN:

En el presente trabajo de investigación, se ha realizado el control de calidad de la materia prima, así como, proporcionarle a la materia prima las características o factores de diseño para formular y elaborar la mezcla de asfalto en caliente.

3.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO MTC E-204.

Para la piedra (3/8)", en la figura N°10 se tiene un reporte de resultados que señala el análisis granulométrico de acuerdo a la norma MTC E-204 de la muestra de arena chancada, en la que también se visualiza la curva granulométrica del ensayo desarrollado.

Así mismo en la figura N° 11 se visualiza las porciones del análisis granulométrico de una muestra de arena chancada.

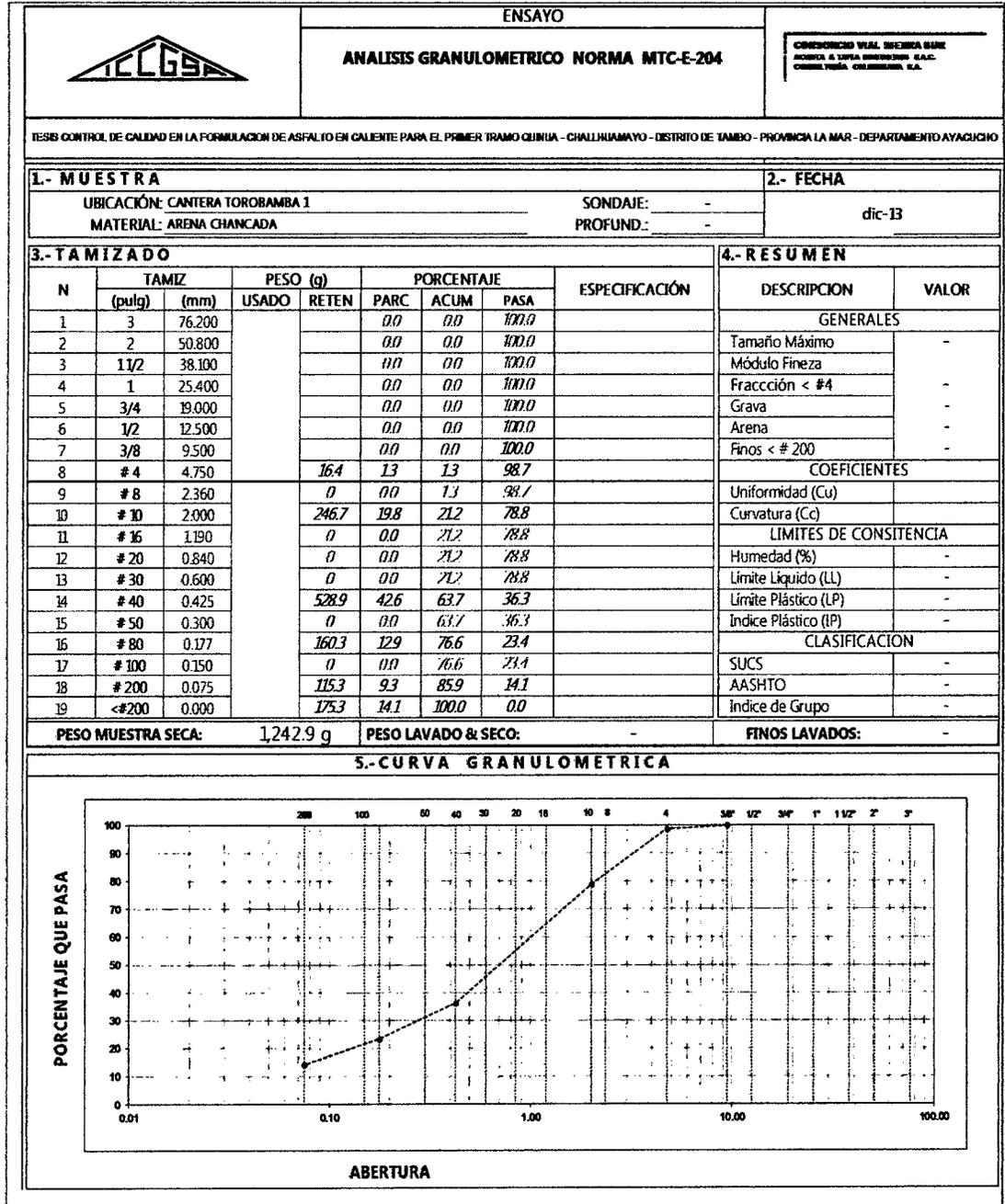


Figura N° 10: Reporte de los resultados de análisis granulométrico según la norma MTC E-204 para arena de 3/8".

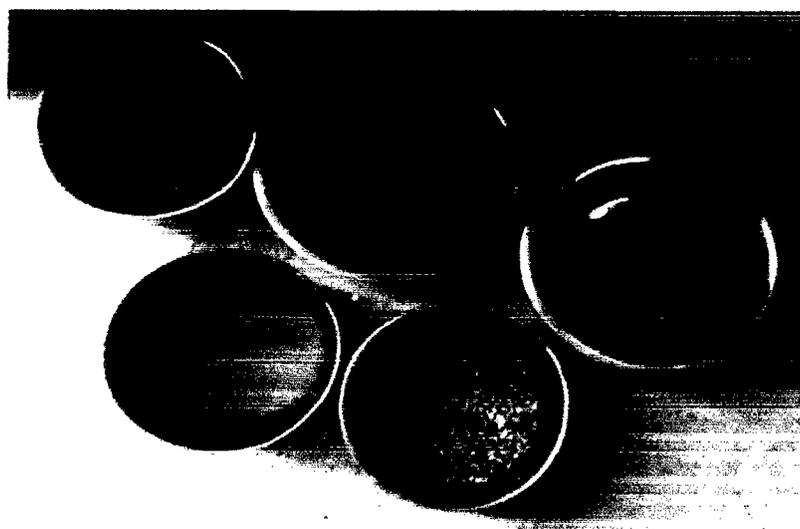


Figura N° 11: Fracciones del análisis granulométrico de una arena chancada de 3/8".

En la tabla N° 22, se tiene los resultados resumidos del análisis granulométrico y estadístico de una muestra de arena chancada de 3/8"=9.5 mm de abertura extraída de la Cantera de Torobamba.

DISCUSIÓN:

En la Tabla N°22, se observa que el análisis granulométrico de la muestra de arena de pasante de 3/8" y teniendo como peso de muestra de 1242.9 g tomada de la Cantera Torobamba del 1 al 13 de diciembre del 2014, presenta un distribución del material retenido con un tamiz de 4.750 mm de abertura y una malla N° 4, deja pasar un 16.4 g de arena que representa un 1.3 % del total del material en estudio; para el tamiz de 2.000 mm con una malla de N° 10, deja pasar 246.7 g que representa el 19.8 % del insumo en análisis; en el tamiz de 0.425 mm de abertura y una malla N° 40, deja pasar 528.9 g

de arena que representa el 42.6 %; para el tamiz de 0.177 mm y una malla N° 80, deja pasar 160.3 g del material que representa 12.9 %; para el tamiz de 0.075 mm y una malla N° 200, retiene 115.5 g de arena que representa el 9.3 % y el tamiz de 0.000 mm y una malla N° < 200, filtra 175.3 g de arena retiene al equivalente al 14.1 %.

Tabla N° 22: Resultados del análisis granulométrico y estadístico de una muestra de arena chancada de 3/8" =9.5 mm de abertura.

RESUMEN DE ENSAYOS									
N ^a	CANTERA	Granulometría							
		3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
1	TOROBAMBA I	100	100	100	98,7	78,8	36,3	23,4	14,1
2	TOROBAMBA I	100	100	100	97,4	72,2	32,4	22,4	15,3
3	TOROBAMBA I	100	100	100	96,4	73,6	31,6	19,0	11,1
4	TOROBAMBA I	100	100	100	97,3	73,1	31,4	21,0	14,9
5	TOROBAMBA I	100	100	100	89,1	66,1	29,1	19,9	14,4
6	TOROBAMBA I	100	100	100	85,6	57,5	24,2	19,6	12,7
7	TOROBAMBA I	100	100	100	82,2	51,6	21,2	15,6	11,6
8	TOROBAMBA I	100	100	100	84,3	56,7	23,8	17,0	12,6
9	TOROBAMBA I	100	100	100	95,4	74,4	30,3	20,8	14,6
10	TOROBAMBA I	100	100	100	95,5	74,1	30,9	21,6	15,0
11	TOROBAMBA I	100	100	100	96,1	74,2	30,6	21,4	15,1
12	TOROBAMBA I	100	100	100	95,6	70,8	28,5	20,1	14,2
13	TOROBAMBA I	100	100	100	98,1	78,5	29,6	16,5	10,2
14	TOROBAMBA I	100	100	100	98,1	77,6	26,4	14,2	8,7
15	TOROBAMBA I	100	100	100	97,4	72,7	22,9	12,9	8,2
16	TOROBAMBA I	100	100	100	98,0	76,3	23,9	13,3	8,4
17	TOROBAMBA I	100	100	100	84,9	55,7	24,1	17,2	12,5
18	TOROBAMBA I	100	100	100	86,1	57,2	24,2	17,0	12,3
19	TOROBAMBA I	100	100	100	86,4	56,3	24,1	17,2	12,5
20	TOROBAMBA I	100	100	100	87,8	60,6	26,1	18,2	13,3
Resumen Estadístico	Cantidad	20.0	20,0	20,0	20	20	20	20	20
	Suma	2000	2000	2000	1850,4	1358,0	551,6	368,3	251,7
	Promedio	100	100	100	92,5	67,9	27,6	18,4	12,6
	Min.	100	100	100	82,2	51,6	21,2	12,9	8,2
	Max.	100	100	100	98,7	78,8	36,3	23,4	15,3
	Des. Estándar	0.0	0.0	0,0	5,8	9,1	4,0	3,0	2,3

Fuente. Elaboración propia.

Así mismo, se tiene que, el tamiz de 0.075 mm asociado a una malla N° 200 deja pasar como mínimo un 14.1 % del peso de la arena 3/8; para el tamiz de 0.177 mm y una malla N° 80 deja pasar por lo menos un 23.4% de la muestra de arena, en el caso del tamiz de 0.425 mm y una malla N° 40 deja pasar por lo menos un 36.3 % del material; en el tamiz 2.000mm asociado a una malla N° 10 deja pasar por lo menos un 78.8 % de la arena y para el tamiz de 4.750 asociado a una malla N° 4 deja pasar por lo menos un 98.7 % de la arena de 3/8".

En conclusión; según los resultados reportados indican que la composición granulométrica de la muestra se encuentra dentro del rango establecido para este tipo de materiales según la norma MTC E-204.

Para la piedra (1/2)", en la figura N° 12 se tiene el reporte de los resultados del análisis granulométrico de acuerdo a la norma MTC E-204 de la muestra de arena chancada de 1/2", del mismo modo en la parte inferior se visualiza la curva granulométrica del ensayo; y en la figura N° 13 se observa las porciones obtenidas del análisis granulométrico de una piedra de 12,500 mm y piedra de 19,000 mm.

En la tabla N° 23, se tiene los resultados resumidos del análisis granulométrico y estadístico de una muestra de arena chancada de 1/2" = 12.50 mm de abertura extraída de la Cantera de Torobamba.

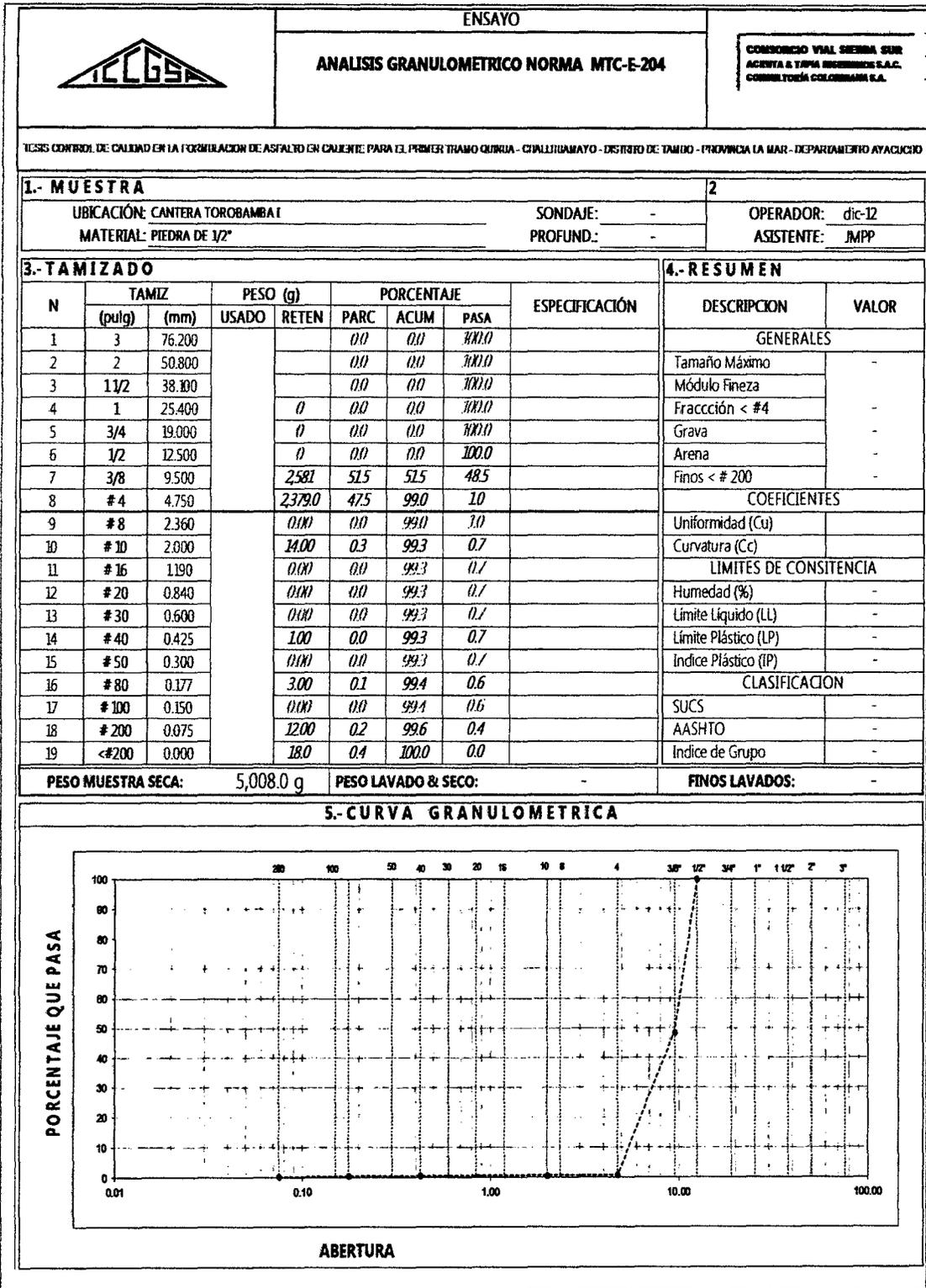


Figura N° 12: Resultados de los análisis granulométricos de piedra de 1/2" = 12.5 mm de abertura, según la Norma MTC E-204.



Figura N° 13: Fracciones del análisis granulométrico de una piedra de 12,500 mm (1/2"), y piedra de 19,000 mm (3/4")

DISCUSIÓN:

Como se observa en la tabla N° 23, se visualiza el análisis granulométrico de la muestra de arena de pasante de 1/2" y teniendo como peso de muestra de 5008.0 g tomada de la Cantera Torobamba del 1 al 13 de diciembre del 2014; presenta un distribución del material retenido con un tamiz de 9.50 mm de abertura 3/8", deja pasar un 2581.0 g de arena que representa un 51.50 % del total del material en estudio; para el tamiz de 4.750 mm con una malla de N° 4, deja pasar 2379.0 g que representa el 0.30 % del insumo en análisis; para el tamiz de 0.425 mm de abertura y una malla N° 40, deja pasar 1.0 g de arena que representa el 0.0 %; para el tamiz de 0.177 mm y una malla N° 80, deja pasar 3.0 g del material que representa 1.0 %;

el tamiz de 0.075 mm y una malla N° 200, retiene 12.0 g de arena que representa el 2.0 % y el tamiz de 0.000 mm y una malla N° < 200, filtra 18.0 g de arena que equivale al 0.40 %.

Tabla N° 23: Resultados del análisis granulométrico y estadísticos de una muestra de Piedra de ½" = 12.5 mm de abertura

RESUMEN DE ENSAYOS									
N ^a	CANTERA	Granulometría GRAVA DE ½"							
		¾"	½"	⅜"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
1	TOROBAMBA I	100	100	48,50	1,00	0,70	0,70	0,60	0,40
2	TOROBAMBA I	100	100	53,40	1,60	1,00	0,90	0,70	0,40
3	TOROBAMBA I	100	100	47,40	1,40	0,90	0,80	0,70	0,40
4	TOROBAMBA I	100	100	51,40	1,20	0,80	0,70	0,60	0,40
5	TOROBAMBA I	100	100	49,70	1,80	1,30	1,20	0,80	0,20
6	TOROBAMBA I	100	100	50,20	2,80	2,20	2,00	1,10	0,20
7	TOROBAMBA I	100	100	48,60	1,30	1,00	0,90	0,90	0,60
8	TOROBAMBA I	100	100	48,80	1,20	0,80	0,70	0,70	0,40
9	TOROBAMBA I	100	100	53,10	2,30	1,50	1,30	1,20	0,80
10	TOROBAMBA I	100	100	53,20	1,70	0,90	0,80	0,60	0,30
11	TOROBAMBA I	100	100	47,90	1,40	0,80	0,70	0,60	0,20
12	TOROBAMBA I	100	100	47,80	1,40	0,80	0,70	0,70	0,30
13	TOROBAMBA I	100	100	51,10	2,40	1,80	1,50	1,30	0,80
14	TOROBAMBA I	100	100	50,00	1,00	0,60	0,50	0,50	0,30
15	TOROBAMBA I	100	100	48,40	1,60	1,20	1,10	0,80	0,50
16	TOROBAMBA I	100	100	48,90	1,80	1,30	1,20	0,80	0,30
17	TOROBAMBA I	100	100	50,80	3,20	2,60	2,40	1,50	0,60
18	TOROBAMBA I	100	100	49,20	2,00	1,40	1,30	0,70	0,30
19	TOROBAMBA I	100	100	46,60	1,10	0,70	0,60	0,60	0,30
20	TOROBAMBA I	100	100	52,10	2,20	1,60	1,30	1,20	0,90
Resumen Estadístico	Cantidad	20	20	20	20	20	20	20	20
	Suma	2000	2000	997,10	34,40	23,90	21,30	16,60	8,60
	Promedio	100,0	100,0	49,86	1,72	1,20	1,07	0,83	0,43
	Min.	100,0	100,0	46,60	1,00	0,60	0,50	0,50	0,20
	Max.	100,0	100,0	53,40	3,20	2,60	2,40	1,50	0,90
	Des. Estándar	0	0	2,013	0,605	0,533	0,484	0,279	0,208

Fuente. Elaboración propia.

Así mismo, se tiene que, el tamiz de 0.075 mm asociado a una malla N° 200 deja pasar como mínimo un 0.40 % del peso de la arena ½"; para el tamiz de 0.177 mm y una malla N° 80 deja pasar por lo menos un 0.60 % del insumo; con el tamiz de 0.425 mm y una malla N° 40 deja pasar por lo menos un 0.70 % del material; para el tamiz 2.000 mm asociado a una malla N° 10 deja pasar por lo menos un 0.70 % de la arena; para el tamiz de 4.750 asociado a una malla N° 4 deja pasar por lo menos un 1.0 % de la arena y con el tamiz 3/8" deja pasar por lo menos 48.50 % de la arena ½".

En conclusión: Según los resultados obtenidos para este tipo de ensayo, indican que la composición granulométrica de la muestra se encuentra dentro del rango establecido para este tipo de materiales de acuerdo a la norma MTC E-204.

Para la piedra (3/4)", en la figura N°14 se tiene un reporte que señala el análisis granulométrico de acuerdo a la norma MTC E-204 de la muestra de arena chancada de 3/4", y la curva granulométrica del ensayo desarrollado.

En la tabla N° 24, se tiene los resultados resumidos del análisis granulométrico y estadístico de una muestra de arena chancada de 3/4" = 19.0 mm de abertura extraída de la Cantera de Torobamba.

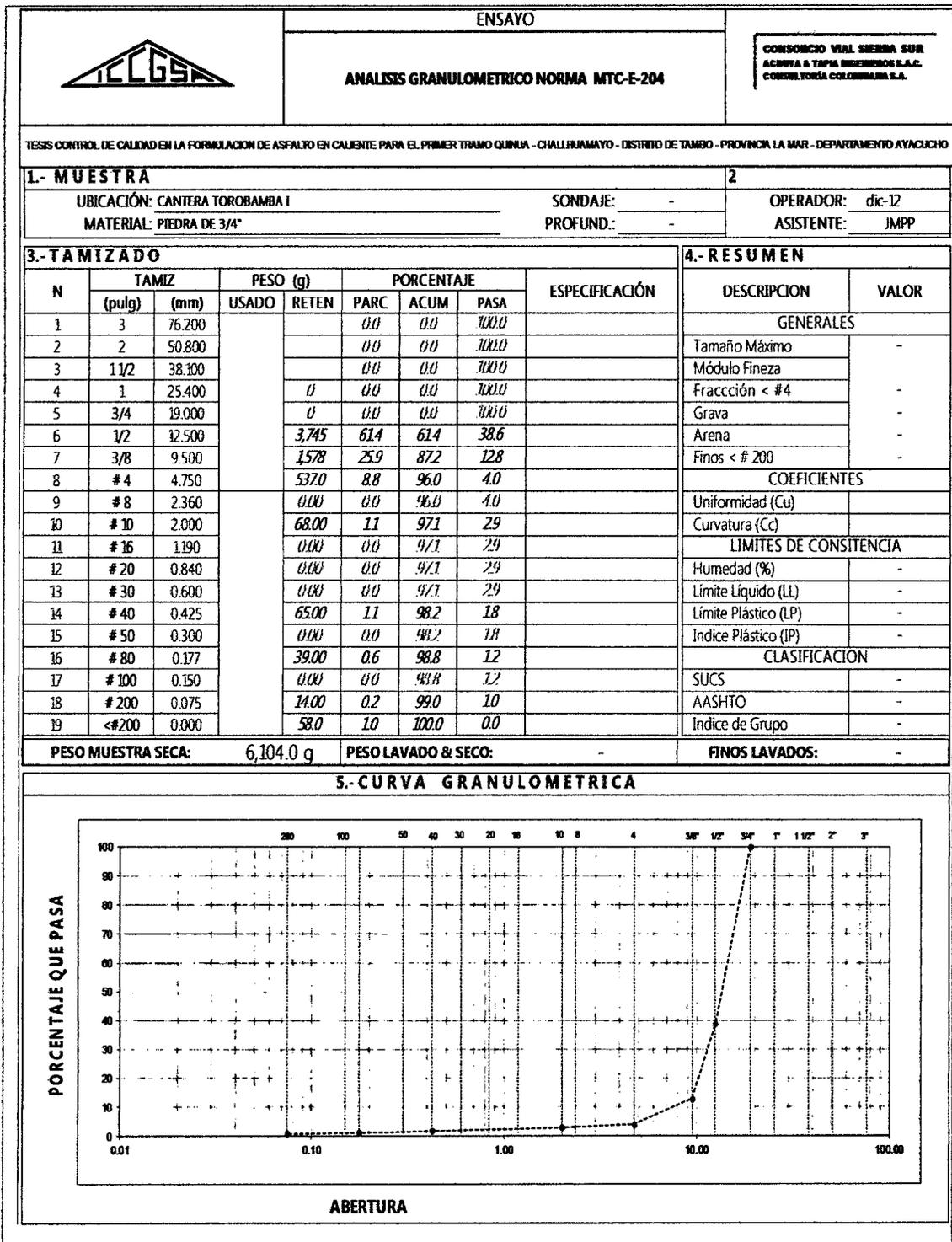


Figura N° 14: Resultados de los análisis granulométría de piedra de 3/4" = 19.0 mm de abertura, MTC E-204.

Tabla N° 24: Resumen del análisis granulométrico de piedra de ¾" =19.0 mm.

RESUMEN DE ENSAYOS									
Nº	CANTERA	Granulometría GRAVA DE ¾"							
		¾"	½"	⅜"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
1	TOROBAMBA I	100	38,60	12,80	4,00	2,90	1,80	1,20	1,00
2	TOROBAMBA I	100	48,80	17,70	7,50	5,40	3,30	2,00	0,70
3	TOROBAMBA I	100	41,80	13,90	5,10	4,20	3,30	1,80	0,90
4	TOROBAMBA I	100	36,00	10,20	1,90	1,40	1,20	1,00	0,60
5	TOROBAMBA I	100	39,30	13,00	3,20	2,10	1,30	1,00	0,80
6	TOROBAMBA I	100	37,70	13,20	3,60	2,60	1,70	1,20	0,90
7	TOROBAMBA I	100	37,40	13,00	4,10	2,90	1,80	1,20	0,80
8	TOROBAMBA I	100	38,40	13,60	4,50	3,20	2,10	1,10	1,10
9	TOROBAMBA I	100	37,50	13,90	4,40	3,30	2,20	1,50	1,10
10	TOROBAMBA I	100	48,60	17,80	7,40	5,30	3,10	2,00	0,90
11	TOROBAMBA I	100	48,80	17,80	6,70	4,30	2,70	1,60	0,90
12	TOROBAMBA I	100	51,80	24,10	10,80	6,90	4,40	2,50	1,00
13	TOROBAMBA I	100	48,10	19,40	9,10	6,40	3,90	2,30	0,80
14	TOROBAMBA I	100	49,70	18,20	8,40	5,90	3,80	2,40	0,90
15	TOROBAMBA I	100	43,50	17,10	5,70	4,60	3,60	2,00	0,80
16	TOROBAMBA I	100	42,90	14,10	4,90	3,70	2,90	1,70	0,90
17	TOROBAMBA I	100	39,10	13,60	5,10	4,20	3,30	1,70	0,80
18	TOROBAMBA I	100	36,40	10,00	1,90	1,10	0,90	0,70	0,50
19	TOROBAMBA I	100	35,50	11,00	2,20	1,70	1,50	1,10	0,80
20	TOROBAMBA I	100	38,80	11,20	2,70	2,10	1,70	1,40	0,80
Resumen Estadístico	Cantidad	20	20	20	20	20	20	20	20
	Suma	2000	838,7	295,60	103,20	74,20	50,50	31,40	17,00
	Promedio	100	41,94	14,78	5,16	3,71	2,53	1,57	0,85
	Min.	100	35,50	10,00	1,90	1,10	0,90	0,70	0,50
	Max.	100	51,80	24,10	10,80	6,90	4,40	2,50	1,10
	Des. Estándar	0	5,388	3,558	2,480	1,679	1,029	0,514	0,147

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIÓN:

Según la tabla N° 24, se observa que el análisis granulométrico de la muestra de arena de pasante de (¾)" y teniendo como peso de muestra es 6104.0 g tomada de la cantera Torobamba del 1 al 13 de

diciembre del 2014; presenta un distribución del material retenido con un tamiz de 19.00 mm de abertura 3/4", deja pasar un 3745 g de arena que representa un 61.40 % del total del material en estudio; para el tamiz de 9.50 mm 3/8", deja pasar 1578.0 g que representa el 25.90 % del insumo en análisis; en el tamiz 4.750 y una malla de N° 4, deja pasar 537.0 gramos de arena que representa 8.80 %; en el tamiz 2.000 de abertura y a una malla N° 10, deja pasar 68.0 gramos de arena que representa el 1.10 %; en el tamiz de 0.425 mm de abertura y a una malla N° 40, deja pasar 65.0 g de arena que representa el 1.10 %; para el tamiz de 0.177 mm y una malla N° 80, deja pasar 39.0 g del material que representa 0.60 %; en el tamiz de 0.075 mm y una malla N° 200, retiene 14.0 g de arena que representa el 0.20 % y el tamiz de 0.000 mm y una malla N° < 200, filtra 58.0 g de arena que equivale al 1.0 %.

Como en el caso anterior, se tiene que, el tamiz de 0.075 mm asociado a una malla N° 200 deja pasar como mínimo un 1.0 % del peso de la arena 3/4", el tamiz de 0.177 mm y una malla N° 80 deja pasar por lo menos un 1.20 % del insumo, el tamiz de 0.425 mm y una malla N° 40 deja pasar por lo menos un 1.80 % del material, el tamiz 2.000 mm asociado a una malla N° 10 deja pasar por lo menos un 2.90 % de la arena y el tamiz de 4.750 asociado a una malla N° 4 deja pasar por lo menos un 4.0 % de la arena; el tamiz 3/8" deja pasar por lo menos 12.80 % de la arena; el tamiz 12.50 mm asociado

a un diámetro de 1/2" deja pasar por lo menos 38.60 % de la arena 3/4".

En conclusión: Estos resultados indican que la composición granulométrica de la muestra se encuentra dentro del rango establecido para este tipo de materiales según la norma MTC E-204.

Para los tres casos; se concluye que la mezcla estructurada de agregados cumple con las especificaciones de control de calidad exigida por la norma MTC E-204 y norma estándar dado por la ASTM D – 421.

3.2 ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2") MTC E-207 2000.

En la figura N° 15 se reporta resultados de abrasión Los Ángeles al desgaste de los agregados de tamaño menores a 37.50 mm de diámetro.

En la referida información de la figura N° 15 se tiene que la pérdida por abrasión menor al 45 %, siendo de 21.56 % valor que se encuentra dentro del rango permitido para este ensayo, cumpliendo así las normas MTC E-207 2000, ASTM C131 y AASHTO T96.

3.3 PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS MTC E-210.

En la figura N° 16, se tiene los resultados del porcentaje de caras fracturadas en los agregados.

	ENSAYO							
	ABRASION CON MAQUINA DE LOS ANGELES MTC E 207:2000							
CONSORCIO VIAL SIERRA SUR ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C. CONSULTORIA COLOMBIANA S.A.								
TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO								
1- MUESTRA						2- PERSONAL		
UBICACION: <u>Cantera Torobamba I</u>				SONDAJE: <u>-</u>		FECHA: <u>dic-12</u>		
MATERIAL: <u>Grava chancada para asfalto</u>				PROFUND.: <u>-</u>		ASISTENTE: <u>JMPP</u>		
ENSAYO	G R D A	P E S O (gramos)						
		INICIAL	1-1/2"-1"	1" - 3/4"	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-1/4"	1/4"-# 4
1	A							
	B	5,000			2,500	2,500		
	C							
	D							
RESULTADOS		RETENIDO EN LA MALLA # 12:		3,922	% DE DESGASTE:		21.56%	

Figura N° 15: Resultados de la determinación de abrasión (desgaste) con la máquina de Los Ángeles.

CONCLUSIÓN:

La suma de los porcentajes, primero de una cara fractura del tamiz 19 mm correspondiente a 3/4" y al tamiz 12.50 mm correspondiente a 1/2" es de 91.70 %, valor que supera al mínimo que es de 85 %

Para dos caras fracturas la suma de ambos es de 96.10 %, siendo el mínimo de 50.0 %; los valores obtenidos están dentro de lo establecido por la norma MTC E-210 y la ASTM D5821 para este tipo de materiales.

	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS MTC E 210 - 2000	CONSORCIO VIAL SIERRA SUR ACRUTIA & TAPIA INGENIEROS S.A.C. CONSULTORÍA COLOMBIANA S.A.				
TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO						
MATERIAL Agregado para Asfalto		CANTERA Torobamba I				
		FECHA dic-12				
I CON UNA CARA FRACTURADA						
TAMAÑO DEL AGREGADO						
PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	A (g)	B (g)	C ((B/A)*100)	D (%)	E C*D
1 1/2" (37.5 mm)	1" (25 mm)			0.0		0.0
1" (25 mm)	3/4" (19 mm)			0.0		0.0
3/4" (19 mm)	1/2" (12.5 mm)	1,300	1,158	89.1	32.7	29.1
1/2" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	300	279	93.0	67.3	62.6
Total:					100.0	91.7
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 100 x Total E / Total D					%	91.7
A	PESO MUESTRA, (g)			Ensayo: Aceptado <input type="checkbox"/> SI Rechazado <input type="checkbox"/>		Límites Especificación T % Mín. % Máx. 85
B	PESO MATERIAL CON CARAS FRACTURADAS, (g)					
C	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS					
D	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL					
E	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS					
II CON DOS CARAS FRACTURADAS						
TAMAÑO DEL AGREGADO						
PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	A (g)	B (g)	C ((B/A)*100)	D (%)	E C*D
1 1/2" (37.5 mm)	1" (25 mm)					
1" (25 mm)	3/4" (19 mm)					
3/4" (19 mm)	1/2" (12.5 mm)	1,200	1,162	96.8	32.7	31.7
1/2" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	300	287	95.7	67.3	64.4
Total:					100.0	96.1
PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADA = 100 x Total E / Total D					%	96.1
A	PESO MUESTRA, (g)			Ensayo: Aceptado <input type="checkbox"/> SI Rechazado <input type="checkbox"/>		Límites Especificación T % Mín. % Máx. 50
B	PESO MATERIAL CON CARAS FRACTURADAS, (g)					
C	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS					
D	PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL					
E	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS					

Figura N°16: Resultados de la determinación del % de caras fracturadas de agregados para asfaltos.

3.4 INDICE DE APLANAMIENTO DE LOS AGREGADOS ASTM D-4791.

En la figura N° 17 se visualiza el método de ensayo para determinar el índice de aplanamiento de agregados.



Figura N° 17: Método de ensayo para la determinación del índice de aplanamiento de agregados.

Así mismo en la figura N° 18 se tiene los resultados del índice de aplanamiento de los agregados de la cantera de Cantera Torobamba, ubicada en el distrito de tambo, provincia de la Mar-Ayacucho.

		INDICE DE APLANAMIENTO DE LOS AGREGADOS MTC E 221 - 2000										CONSORCIO VIAL SIERRA SUR ACERVA & TAPIA INGENIEROS S.A.C. CONSULTORIA COLOMBIANA S.A.				
		TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO														
MATERIAL		Grava Chancada para Asfalto			CANTERA			Torobamba I			FECHA			dic-12		
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA					
TAMIZ	ABERTURA	PESO. RET.	% RET.	% PASA	PESO	% RET.	% CORREG.	PESO	% RET.	% CORREG.	PESO	% RET.	% CORREG.			
PULG	(mm)															
2"	50.000															
1 1/2"	37.500															
1"	25.000															
3/4"	19.000			100.0												
1/2"	12.500	3,125	67.9	32.1	95	3.0	2.0	105	3.4	2.3	2,925	93.6	63.6			
3/8"	9.500	1,475	32.1	0.0	79	5.4	1.7	80	5.4	1.7	1,316	89.2	28.6			
		4,600					3.7			4.0			92.2			
PESO TOTAL DE LA MUESTRA					gr.	4,600		Ensayo:			Límites					
PARTICULA CHATAS Y ALARGADAS					%	7.7		Aceptado <input checked="" type="checkbox"/>			Especificación T.					
								Rechazado <input type="checkbox"/>			% Min.	% Máx.				
												10				

Figura N° 18: Resultados de la determinación del índice de aplanamiento de agregados.

CONCLUSIÓN:

Se obtuvieron un 7.70 % de partículas chatas y alargadas, siendo este valor menor a los previsto por las normas del 10.0 %, por lo que podemos decir que los resultados obtenidos para este tipo de ensayo se encuentran dentro del rango establecido para los agregados según la norma ASTM D-4791 utilizados para las muestras tratadas.

3.5 DURABILIDAD DE SULFATO DE SODIO MTC E-209.

En la figura N° 19 se muestra el ensayo para la determinación de la durabilidad de los agregados frente al sulfato de sodio y magnesio.



Figura N° 19: Ensayo para la determinación de la durabilidad de los agregados frente al sulfato de sodio y magnesio.

Del mismo modo en la figura N° 20, se tiene los resultados de la determinación de la durabilidad al sulfato de sodio y magnesio.

		DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209: 2000				CONSORCIO VIAL SIERRA SUR ACQUITA & TAPIA INGENIEROS S.A.C. CONSULTORÍA COLMBIARI S.A.				
						TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QURNUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHEO				
1- MUESTRA						2				
UBICACIÓN: Torobamba I				SONDAJE: _____		FECHA: dic-12				
MATERIAL: agregado para asfalto				PROFUND.: _____		ASISTENTE: J.M.P.P				
2- DATOS										
SOLUCION: SULFATO DE SODIO		Na ₂ SO ₄		Norma: Pe=[1.151, 1.174]		Pe = 1.151 OK		CICLOS: 5		
3- AGREGADO FINO										
IT	TAMAÑO		PESO (g)				PERDIDA		GRADACIÓN ORIGINAL	% PERDIDA CORREGIDA
			REQUERIDO	RECIPIENTE	INICIAL	FINAL	PESO (g)	%		
1	¾"	Ø4								
2	Ø4	Ø8			100	93.8	6.20	6.20%	15.8	0.98%
3	Ø8	16			100	97.1	2.90	2.90%	28.8	0.84%
4	16	30			100	96.9	3.10	3.10%	25.9	0.80%
5	30	50			100	96.2	3.80	3.80%	18.6	0.71%
6	>	50								
TOTALES					400	384	16.00	4.00%	89.100	3.32%
4- AGREGADO GRUESO										
IT	TAMAÑO		PESO (g)				GRADACIÓN ORIGINAL	% PERDIDA CORREGIDA		
			REQUERIDO	RECIPIENTE	INICIAL(1)	FINAL(2)			PERDIDA	%
					[1]	[2]	[3]=[1]-[2]	[4]=[3]/[1]	[5]	[6]=[4]*[5]
1	2"	1 1/2"								
2	1 1/2"	1"								
3	1"	3/4"								
4	3/4"	1/2"			400.0	386.0	14.0	3.50%	18.90	0.66%
5	1/2"	3/8"			360.0	341.0	19.0	5.28%	22.50	1.19%
6	3/8"	4"			245.0	229.0	16.0	6.53%	21.20	1.38%
TOTALES					1,005.0	956.0	49.0	4.88%	62.600	3.23%

Figura N° 20: Resultados de la determinación de la durabilidad de sulfato de sodio.

En conclusión: según los resultados de la figura N° 20; para los agregados finos para asfalto, se tiene un porcentaje total de pérdidas o partículas afectadas del 3.23 %; y para agregados gruesos de 3.23 %. Ambos resultados se encuentran dentro de los parámetros establecidos por las normas como la ASTM C88 y la AASHT T104 referente a durabilidad del sulfato de sodio y magnesio.

3.6 EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS MTC E-114.

En la figura N° 21 se muestra el ensayo para la determinación del equivalente de arena, suelos y agregados finos.



Figura N° 21: Ensayo para la determinación de equivalente de arena, suelos y agregados finos.

De igual manera, en la figura N° 22 se tienen los resultados del ensayo para la determinación de equivalente de arena, suelos y agregados finos.

		EQUIVALENTE DE ARENA SUELOS Y AGREGADOS FINOS MTC E 114				CONSORCIO VIAL SIERRA SUR ACTIVA & TAMA INGENIEROS S.A.C. CONSULTORÍA COLOMBIANA S.A.	
		<small>TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUIMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO</small>					
1.- MUESTRA					2		
UBICACIÓN: <u>Cantera Torobamba I</u>			SONDAJE: <u>-</u>		FECHA <u>dic-12</u>		
MATERIAL: <u>Arena para asfalto</u>			PROFUND.: <u>-</u>		ASISTENTE: <u>J.M.P.P</u>		
3.- DETERMINACION DE ALTURAS							
IT	DESCRIPCION	UN	1	2	3	PROMEDIO	
1	Lectura cronometro de entrada a saturación	mins	10:55:00	10:57:00	10:59:00		
2	Lectura cronometro: salida de saturación	mins	11:05:00	11:07:00	11:09:00		
3	Tiempo de saturación (Ts), Ts = 10 ± 1 min	mins	10	10	10		
4	Tiempo de agitación (Ta), Ta = 40 ± 1 seg	s	40	40	40		
5	Lectura cronometro: entrada a decantación	mins	11:07:00	11:09:00	11:11:00		
6	Lectura cronometro: salida de decantación	mins	11:27:00	11:29:00	11:31:00		
7	Tiempo decantación (Td), Td = 20 ± 15 seg	s	20	20	20		
8	Altura total finos floculados, ± 1 mm	mm	127	130	133		
9	Altura de la parte arenosa, ± 1 mm	mm	70	73	71		
[EA] Equivalente arena, $[6] \cdot 100 / [5]$		%	55.1	56.2	53.4	54.9	

Figura N° 22: Resultados en la determinación del equivalente de arena, suelos y agregados finos.

En conclusión: de acuerdo a los resultados de la figura N° 22 referente a los resultados de los equivalentes de arena, suelos y agregados finos, se tiene un valor promedio de 54.90 %, valor que se encuentra de los rangos permitidos por la norma dada por la ASTM D-2419.

3.7 INDICE DE DURABILIDAD MTC E-214.

Como se sabe el índice de durabilidad es un valor que muestra la resistencia relativa de un agregado para producir finos dañinos, del tipo arcilloso, cuando una muestra de agregado es sometido a los métodos de degradación mecánica.

En las figuras N° 23 y figura N° 24 se reporta resultados del índice de durabilidad de muestras de agregado fino y del grueso respectivamente.

En conclusión: De acuerdo a los resultados el índice de durabilidad promedio para el agregado fino es de 73.97 % y para el agregado grueso de 41.0 %; siendo para ambos casos el limite mínimo de 35 %, los valores encontrados para los agregado finos y gruesos se encuentran dentro de los valores estipulados en las normas de la ASTM D-3744 y de la AASHTO T-210.



ENSAYO DE INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO MTC-E-214

CONSORCIO VIAL SIERRA SUR
AGENCIA A TERCEROS S.A.S.
CORPORACIÓN COLOMBIANA S.A.

TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO

MATERIAL			Material para asfalto		FECHA		dic-12	
TAMAÑO DE MALLAS			AGITACION MUESTRA		CONTENIDO DE		MUESTRA LATA	
PASA	RETENIDO	PESO (gr)	(10 minutos)		AGUA DESTILADA (ml)		(ml)	
# 4	Fondo	500	10		1000		85	
DESCRIPCION			IDENTIFICACION					
# DE ENSAYO			1		2		PROMEDIO	
HORA DE ENTRADA A SATURACION			01:40		01:52			
HORA DE SALIDA DE SATURACION (mas de 10)			01:50		02:02			
HORA DE ENTRADA A DECANTACION			02:01		02:13			
HORA DE SALIDA DE DECANTACION (mas de 20)			02:21		02:33			
ALTURA MAXIMA DE LA ARCILLA			4.9		4.7			
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA			3.6		3.5			
INDICE DE DURABILIDAD			73.5		74.5		73.97	
					ESPECIFICACION		35% MIN	

Figura N° 23: Resultados del índice de durabilidad de una muestra de agregado fino.



ENSAYO INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO MTC-E-2

CONSORCIO VIAL SIERRA SUR
AGENCIA A TERCEROS S.A.S.
CORPORACIÓN COLOMBIANA S.A.

TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO

MATERIAL			Material para asfalto		FECHA		dic-12	
TAMAÑO DE MALLAS			MUESTRA TOTAL		AGITACION MUESTRA		CONTENIDO DE	
PASA	RETENIDO	PESO (gr)	Peso (gr)		(10 minutos)		AGUA DESTILADA (ml)	
3/4"	1/2"	1070 ± 10						
1/2"	3/8"	570 ± 10						
3/8"	# 4	910 ± 5	2554.4		10		1000	
DESCRIPCION			IDENTIFICACION					
# DE ENSAYO			1		2		PROMEDIO	
HORA DE ENTRADA A DECANTACION			15:30		15:50			
HORA DE SALIDA DE DECANTACION (mas de 20)			15:50		16:10			
ALTURA MAXIMA DE MATERIAL FINO			5.1		5.6			
INDICE DE DURABILIDAD			42.0		40.0		41.0	
					ESPECIFICACION		35% MIN	

Figura N° 24: Resultados del índice de durabilidad de una muestra de agregado grueso.

3.8 DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD MTC E-111.

Para la arena como aditivo del asfalto, en el laboratorio se ha determinado el límite plástico, el índice de plasticidad (I.P.) y el valor del límite líquido (L.L.). En la figura N° 25 se visualiza el equipo que nos permitirá determinar el límite líquido y en la figura N° 26 se observa la forma como se determina el índice de plasticidad.

Del mismo modo en la figura N° 27 se dan los resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, así mismo la curva para la determinación del punto de límite líquido.

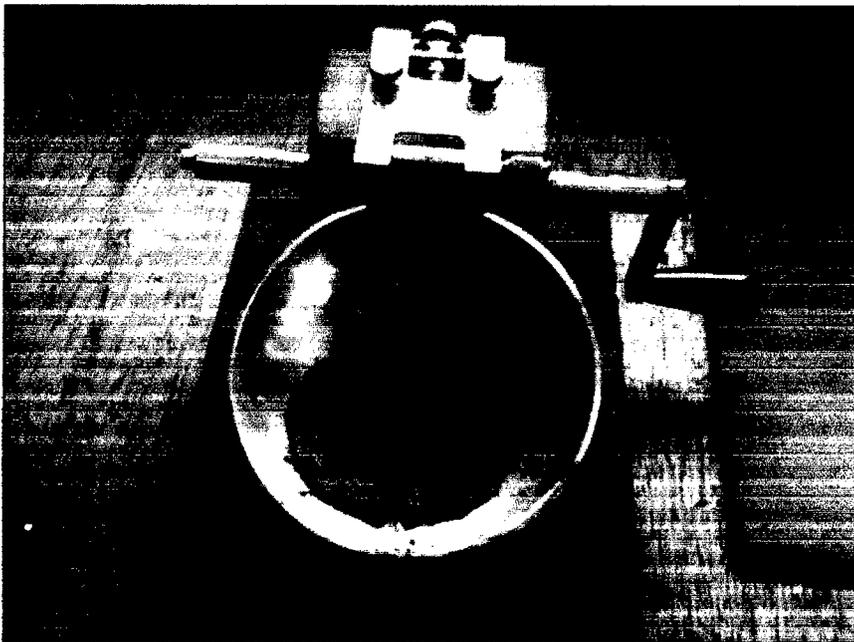


Figura N° 25: Equipo de casa grande para determinar del límite líquido

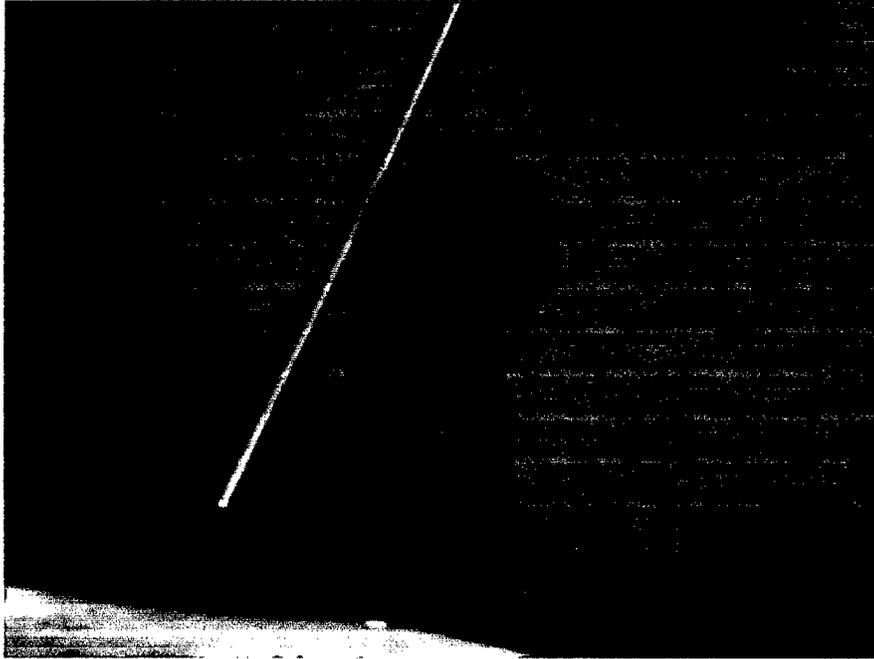


Figura N° 26: Ensayo para la determinación del índice de plasticidad.

En conclusión: De acuerdo a los resultados en la figura N° 27 de una arena para asfalto se tiene los siguientes resultados: límite líquido igual a 17.1; límite plástico se determinó como no plástico (NP) al igual que el índice de plasticidad (NP).

Para las tres determinaciones se cumplió con los ensayos estipulados en las normas dadas por la ASTM D-4318 y la AASHTO T-90, resultados que se encuentran dentro de los rangos permitidos para este tipo de materiales como aditivos para asfaltos.

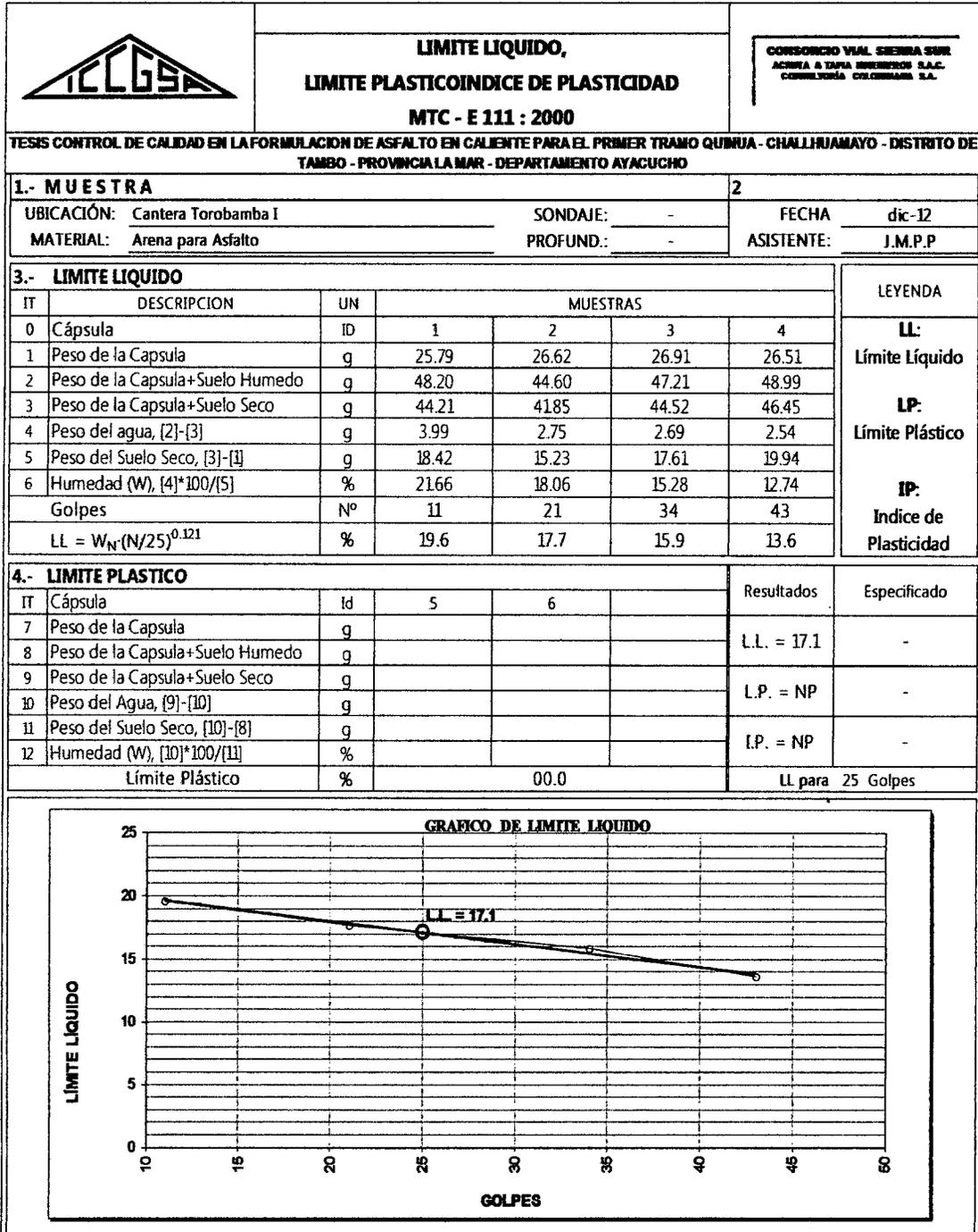


Figura N° 27: Resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de una muestra de arena para asfalto.

3.9 DETERMINACION DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS MTC E-219.

Las muestras de agregado fino y grueso se someten a continuos lavados con agua destilada a ebullición, hasta la disolución de las sales totales contenidas en las muestras. La presencia de éstas, se detecta mediante reactivos químicos específicos para tal fin. En la figura N° 28 se reportan los resultados de sales solubles para muestras de agregados fino y grueso.

En conclusión: De acuerdo a los resultados en la figura N° 28 para una muestra de arena fina se obtuvo en promedio de 0.008 % en sales totales, valor que se encuentra dentro del rango permitido para este tipo de material para asfaltos.

Del mismo modo, para la muestras de arena gruesa se obtuvo un 0.008 % como en el caso anterior, como en el caso anterior este valor también se encuentra dentro de rango permitido para este tipo de material.

En ambas determinaciones se cumplió con los ensayos estipulados en las normas dadas para este tipo de material, el máximo de sales solubles en las diversas muestras deben ser menores del 0.50 %, por lo que, nuestros resultados se encuentran dentro de los niveles permitidos para este tipo de ensayos.

	FORMATO		Código:	FOR.GOB.008										
	SALES SOLUBLES EN AGREGADOS MTC E 219 - 2000		Version del documento:	01										
				Fecha de aprobacion:	09/03/2009									
Nombre del Proyecto:														
TRAMO	CARRETERA QUINUA - SAN FRANCISCO TRAMO KM. 26+000 - KM. 78+50 N° ENSAYO													
SUPERVISION	CARRETERA QUINUA - SAN FRAN FECHA		jun-12	UBICACIÓN										
MATERIAL	Material para asfalto	CANTERA	Torobamba 1	LABORATORISTA J.C.V										
AGREGADO FINO														
MUESTRA	IDENTIFICACION				Promedio %									
	1	2	3	4										
Peso de Frasco (gr.) (1)	111.00	111.04												
Peso de Frasco + agua + sal (2)	294.00	300.21												
Peso de Frasco Seco + sal (3)	111.02	111.05												
Peso de Sal (gr.) (4) = (3)-(1)	0.02	0.01												
Peso de Agua (gr.) (5)=(2)-(3)	182.98	189.16												
Porcentaje de Sal 100 x (4) / (5)	0.011%	0.005%			0.008%									
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ensayo:</td> <td style="width: 50%;">Límites</td> </tr> <tr> <td>Aceptado <input type="text"/></td> <td style="text-align: center;">Especificación T</td> </tr> <tr> <td>Rechazado <input type="text"/></td> <td style="text-align: center;">% Mín. % Máx.</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="text"/> <input type="text"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="text"/> 0.5</td> </tr> </table>					Ensayo:	Límites	Aceptado <input type="text"/>	Especificación T	Rechazado <input type="text"/>	% Mín. % Máx.		<input type="text"/> <input type="text"/>		<input type="text"/> 0.5
Ensayo:	Límites													
Aceptado <input type="text"/>	Especificación T													
Rechazado <input type="text"/>	% Mín. % Máx.													
	<input type="text"/> <input type="text"/>													
	<input type="text"/> 0.5													
AGREGADO GRUESO														
MUESTRA	IDENTIFICACION				Promedio %									
	1	2	3	4										
Peso de Frasco (gr.) (1)	105.16	106.03												
Peso de Frasco + agua + sal (2)	275.23	317.42												
Peso de Frasco Seco + sal (3)	105.17	106.05												
Peso de Sal (gr.) (4) = (3)-(1)	0.01	0.02												
Peso de Agua (gr.) (5)=(2)-(3)	170.06	211.37												
Porcentaje de Sal 100 x (4) / (5)	0.006%	0.010%			0.008%									
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ensayo:</td> <td style="width: 50%;">Límites</td> </tr> <tr> <td>Aceptado <input type="text"/></td> <td style="text-align: center;">Especificación T</td> </tr> <tr> <td>Rechazado <input type="text"/></td> <td style="text-align: center;">% Mín. % Máx.</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="text"/> <input type="text"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><input type="text"/> 0.5</td> </tr> </table>					Ensayo:	Límites	Aceptado <input type="text"/>	Especificación T	Rechazado <input type="text"/>	% Mín. % Máx.		<input type="text"/> <input type="text"/>		<input type="text"/> 0.5
Ensayo:	Límites													
Aceptado <input type="text"/>	Especificación T													
Rechazado <input type="text"/>	% Mín. % Máx.													
	<input type="text"/> <input type="text"/>													
	<input type="text"/> 0.5													

Figura N° 28: Resultados de sales solubles en agregado fino y grueso.

3.10 ENSAYO MARSHALL MTC – E 504.

Este método de ensayo está basado en las Normas ASTM D-1559, AASHTO T 245 y NLT 159/86, nos permite determinar la resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas (asfaltos) para pavimentación; ya sea en proyectos de mezclas en el laboratorio como para el control en obra de las mismas. En la figura N° 29 se muestra el equipo Marshall con su respectivo martillo de compactación. Así mismo en la figura N° 30 se muestra la forma como se prepara los tubos de asfalto; y en la figura N° 31 se visualiza las probetas de asfalto.



Figura N° 29: Equipo Marshall y su respectivo martillo de compactación.



Figura N° 30: Preparación de probetas de mezclas de asfalto.



Figura N° 31: Probetas de mezclas de asfalto.

Del mismo modo en la figura N° 31 se visualiza el dispositivo para determinar la estabilidad de flujo de la mezcla asfáltica y en la figura N° 32 se observa la forma del ensayo para la determinación de la estabilidad de flujo.



Figura N° 31: Equipo para determinar la estabilidad.



Figura N° 32: Forma de determinar la estabilidad- flujo de mezclas asfálticas.

El diseño de la mezcla asfáltica se realizará siguiendo la norma ASTM 1559-82 que trata de la "resistencia al flujo plástico de mezclas bituminosa usando el método Marshall", de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas para este fin; los parámetros principales a ser cumplidos en el presente estudio para las mezclas asfáltica en caliente son: % de cemento asfáltico, % de vacíos, Estabilidad en Kg, flujo y estabilidad de flujo.

En la figura N° 33 y en la figura N° 34 se presenta los resultados de los análisis de partículas para el Diseño Marshall aplicable para mezclas asfálticas en caliente con la finalidad de determinar la granulometría permitida, pues en la gráfica semilogarítmica se observa que el material para la mezcla está compuesta por diferentes tamaños de grava, arena y filler, cuyo peso total de la muestra es de 13000 g; teniendo en su composición del agregado una distribución de 1248 g que representa el 9.6 % del peso total de la muestra que ha pasado por el tamiz < N° 200; análogamente, se tiene un peso de 498 g que representa el 3.8 % que ha pasado por el tamiz N° 200, un peso de 741 g que equivale al 5.7 % que ha pasado por el tamiz de N° 80, un peso de 3250 g que representa el 25 % del peso de la muestra en cuestión que ha pasado por el tamiz de N° 40, el peso de 2132 g que representa el 16.4 % que ha pasado por el tamiz N° 10, un peso de 2067 g que representa el 15.9 % que ha pasado por el tamiz N° 4, un peso de 1859 g que representa el 14.3 % que ha pasado por el

tamiz de 3/8" y finalmente un peso de 1209 g que representa el 9.3 % del peso de la muestra en análisis que ha pasado por el tamiz de 1/2".

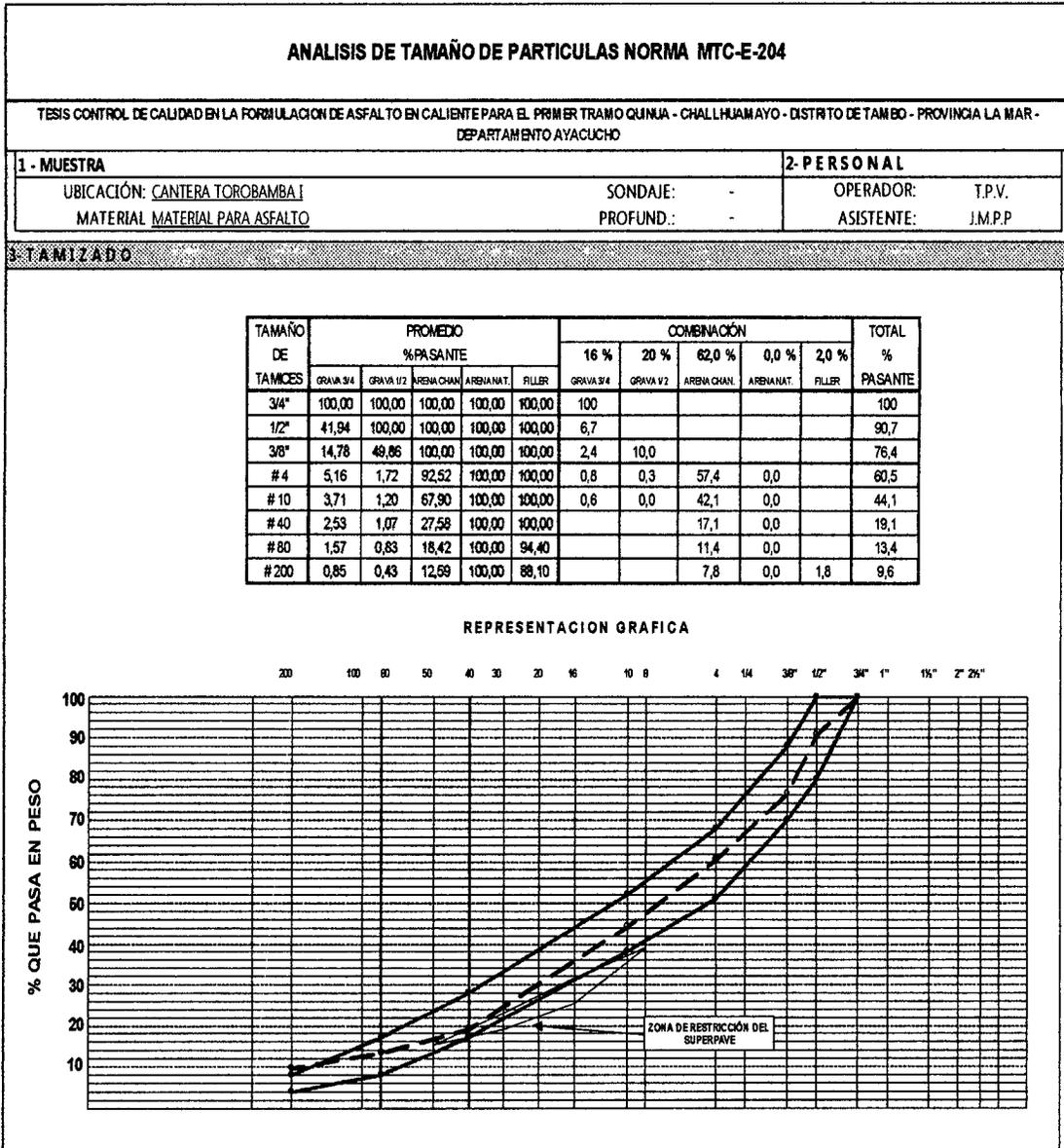


Figura N° 33: Resultados de los análisis del material para asfalto por el diseño Marshall.

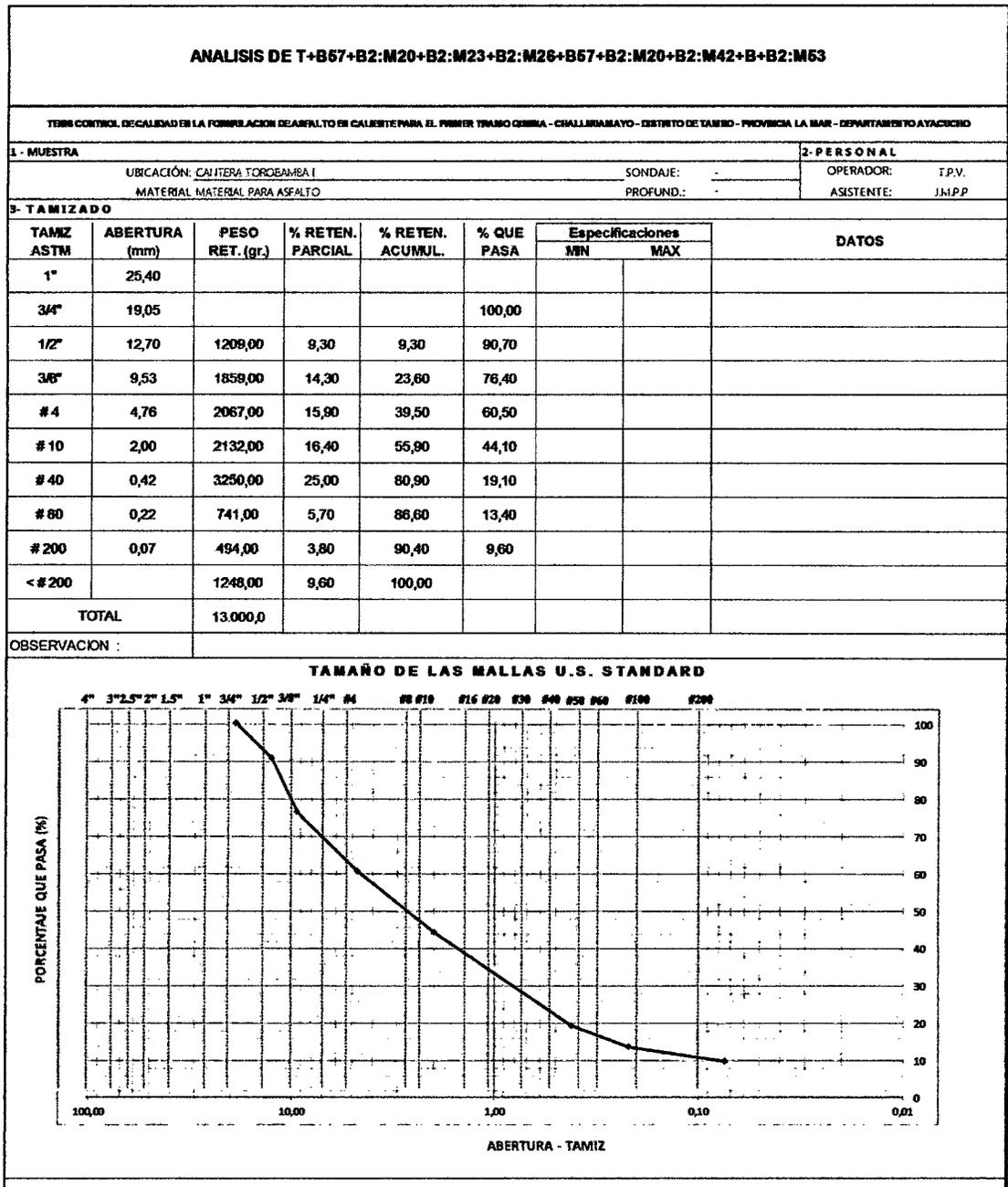


Figura N° 34: Resultados de análisis de tamaño de partículas de agregados para asfaltos por el diseño Marshall.

Esto quiere decir que la estructura de la muestra tiene una distribución de tamaños acumulados de partículas de grava y arena, de por lo menos un 9.6 % de las partículas contenidas en la muestra tienen un

diámetro máximo de 0.07 mm, que comparando con los límites de tolerancia de la norma MTC E-204 cuyo rango de tolerancia es de $< 4 \% \text{ a } 8 \% >$ sobrepasa en 1.6 %, así mismo se tiene que, como mínimo un 13.4 % de la muestra tiene partículas con un diámetro máximo de 0.22 mm, este porcentaje está dentro de los límites de control de la norma que establece el rango de $< 8 \% \text{ a } 17 \% >$; análogamente se tiene que por lo menos un 19.1 % del material tiene partículas con un diámetro máximo de 0.42 mm, porcentaje que está bajo control puesto que el 19.1 % pertenece al intervalo de $< 17 \% \text{ a } 28 \% >$; similarmente se tiene que, por lo menos un 44.1% de material tiene partículas de un diámetro máximo de 2 mm, porcentaje que está bajo control dado que la norma exige de $< 38 \% \text{ a } 52 \% >$ de forma semejante se tiene que, como mínimo un 60.5 % del material tiene partículas de un diámetro máximo de 4.76 mm, cuyo porcentaje también está bajo control puesto que está en el rango de $< 51\% \text{ a } 68 \% >$; el 76.4 % tiene partículas cuyo diámetro máximo varía en un rango de 0.06 mm hasta 9.53 mm y además el 76.4 % se encuentra dentro del intervalo de control correspondiente a $< 70 \% \text{ a } 88 \% >$; el 90.7 % que está contenido en el intervalo de control de $< 80 \% \text{ a } 100 \% >$ tiene partículas cuyo diámetro máximo varía desde un diámetro mínimo hasta alcanzar 12.7 mm y el 100 % de la muestra contiene partículas con un diámetro máximo de 19.05 mm.

Así mismo en la figura N° 33 se observa que la distribución de tamaños acumulados de partículas de grava y arena describe una curva granulométrica porcentual del peso retenido en los diferentes tamices descritos anteriormente y demuestra que encuentra dentro de los límites de tolerancia de la norma Marshall MTC E-204 cuyos trazos están de color rojo.

Finalmente señalamos que las características de las partículas que componen la muestra, y aplicando los límites de control que especifica la norma Marshall MTC E-204 indica que tenemos una muestra estructurada que cumple con los estándares apropiados para la mezcla de asfalto, dado que garantiza que a través de las mallas de diferentes dimensiones se ha dejado pasar un 16 % de grava de $\frac{3}{4}$ ", un 20 % de grava de $\frac{1}{2}$ ", un 62 % de arena chancada y un 2 % de filler.

Similarmente en la figura N° 35 se presenta los resultados del análisis granulométrico a través del proceso de lavado asfáltico, cuya distribución de tamaños acumulados de partículas de la mezcla, están bajo control teniendo como referencia la norma de calidad MTC E-204, pues la muestra estructurada de 13000 g tienen un 39.5 % de grava que representa 5135 g retenidos en la faja de lavado a través de las mallas $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ " y N° 4; y el 60.5 % de muestra contiene arena que equivale a 7865 g del peso total, cernido a través de las mallas N° 10, N° 40, N° 80 y N° 200.

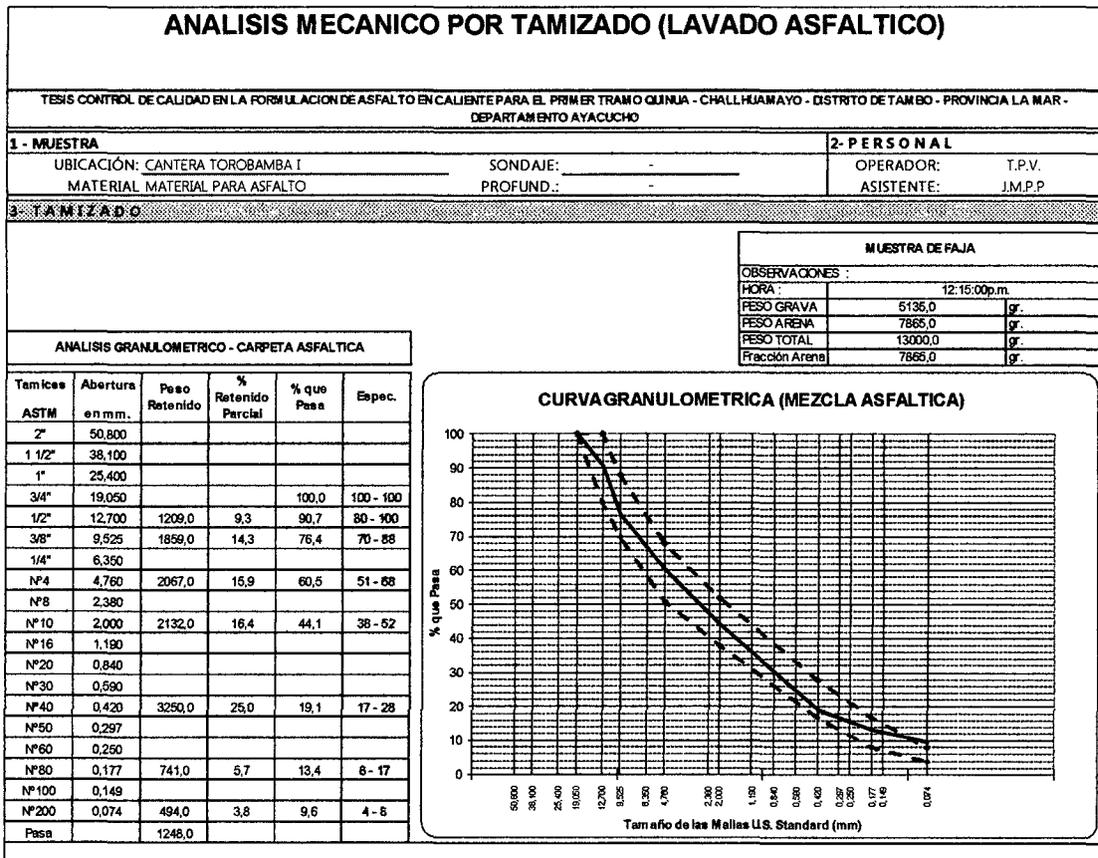


Figura N° 35: Resultados del análisis granulométrico del lavado asfáltico.

Análogamente en la figura N° 36 se presenta los resultados la mezcla estructurada de grava y arena que contiene partículas cuyos diámetros máximos se describieron en los párrafos anteriores de 13000 g de material de calidad depurado de todo tipo de arcilla, polvo, entre otros contaminantes; siguiendo con el procedimiento de humedecer el material para obtener una mezcla compacta, el peso de la mezcla ascendió a 13582 g, luego, se aplicó a la muestra

humedecida de 13582 g la norma ASTM D-421 de tamizaje por lavado, con el propósito de cuantificar la distribución de los tamaños de las partículas de grava y arena, a través del proceso de secado de la muestra a una temperatura de 115°C para inmediatamente, pesar las fracciones retenidas que en los diferentes tamices utilizados para el proceso. El pesado de las fracciones de partículas retenidas en el juego de tamices usados en el laboratorio de análisis de lavado, es de 12699 g y el peso de cemento asfáltico es 883 g, cuya distribución porcentual acumulada de las partículas de grava y arena es de 93.5 % y un 6.5 % de cemento asfáltico, pero que, las fracciones de la distribución acumulada de partículas del material que componen los 12699 g están dentro de los límites de control que exige la norma ASTM D-421, dado que, se observa en el gráfico de escala semilogarítmica que todos los porcentajes acumulados están dentro de los límites de control, pues la mezcla contiene por lo menos un 7.46 % del material con partículas de diámetro máximo de 0.074 mm y el porcentaje pertenece al intervalo de confianza de < 4 % a 8 % >, de la misma forma, presenta un 11.35 % como mínimo de partículas con diámetro máximo de 0.177 mm y cuyo porcentaje acumulado está en el rango de control de < 8 % a 17 % >, también la mezcla de agregado contiene por lo menos un 17.18 % de partículas con diámetro máximo

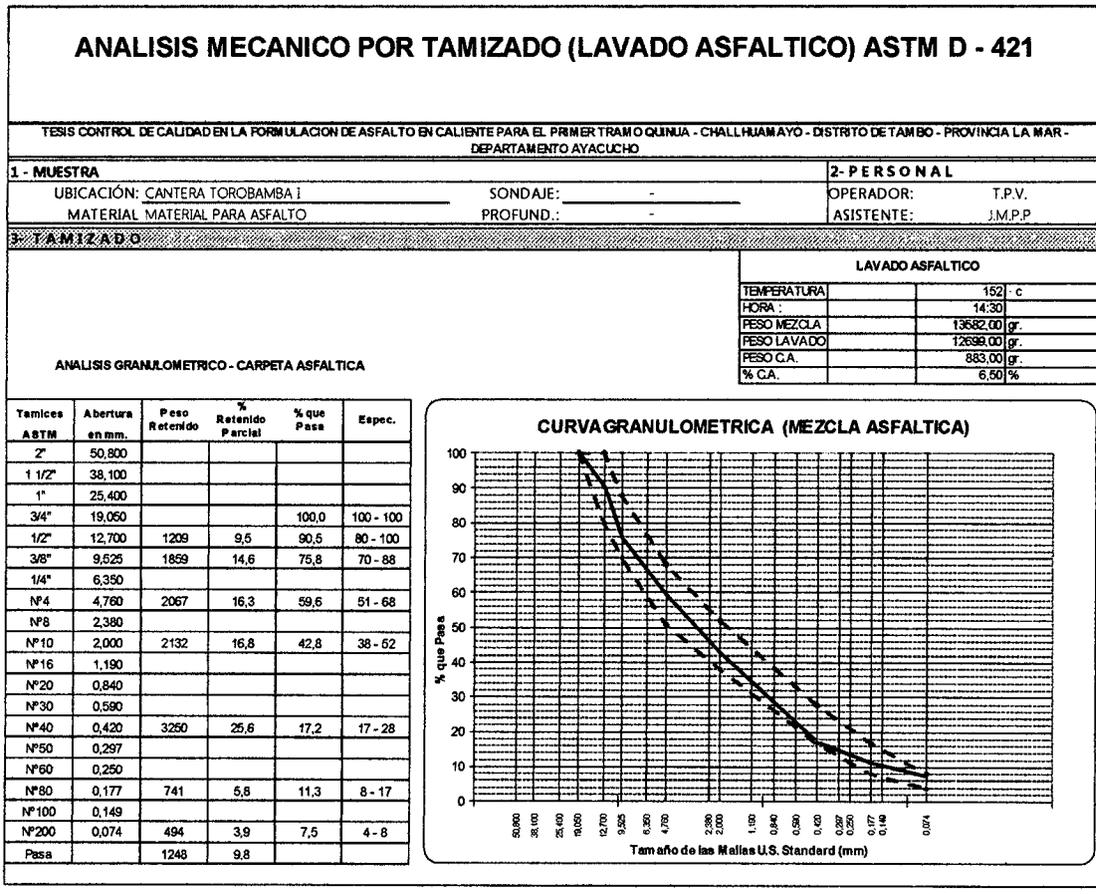


Figura N° 36: Resultados la mezcla de asfalto estructurada de grava y arena.

de 0.42 mm y el porcentaje en cuestión está comprendido en el intervalo de $< 17 \% \text{ a } 28 \% >$, el 42.79 % del material contiene partículas con diámetro máximo que varía de 0.074 mm a 2.00 mm y este porcentaje acumulado está comprendido en el rango de $< 38 \% \text{ a } 52 \% >$, análogamente se tiene que, por lo menos un 59.56 % de partículas tienen un diámetro máximo cuyo rango de variación es hasta 4.76 mm y el porcentaje en cuestión está contenido entre los límites de $< 51 \% \text{ a } 68 \% >$, el porcentaje acumulado de 75.84 % de partículas con diámetro máximo de a lo más 9.525 mm está dentro del

intervalo confidencial de $< 70 \% \text{ a } 88 \% >$, de forma semejante, por lo menos un 90.49 % de las partículas tienen un diámetro máximo de 12.7 mm y este porcentaje acumulado está dentro de los límites de control de calidad de $< 80 \% \text{ a } 100 \% >$ y el 100 % del material tiene partículas con diámetro máximo que varía desde 0.07 mm hasta $\frac{3}{4}$ ".

En conclusión: según la información y resultados obtenidos, se determina que la mezcla estructurada de agregados de la figura N° 36 cumple con las especificaciones de control de calidad exigida por la norma MTC E-204 y la norma estándar ASTM D-421.

En la figura N° 37 se tiene resultados de la evaluación de la gravedad específica y absorción según la norma de calidad MTC E-205 para agregados finos y MTC E-206 para agregados gruesos. Para este caso la muestra de mezcla diseñada con la combinación de agregados contiene un 16 % de grava de $\frac{3}{4}$ ", un 20 % de grava de $\frac{1}{2}$ ", un 62 % de arena chancada y un 2 % de filler, cuyo peso de la muestra para agregado grueso, presentada en sus tres estados son: de 599.1 g para el proceso de secado mediante el horno a 115 °C, de 602.7 g para el proceso saturado y superficie seca al aire (estado del agregado en su forma natural) y de 378 g para el proceso saturado y superficie seca sumergida en agua; en estas condiciones muestrales descritas, se calculó el peso específico promedio sobre la base seca que es de 2.667; el peso específico promedio sobre la base saturada y superficie seca al aire es de 2.684 y el peso específico aparente

promedio fue de 2.714. Así mismo, en la evaluación se determinó que la absorción promedio del agua es de 0.65. En este mismo procedimiento se determinó que el peso específico de las Briquetas fue de 2.691.

Análogamente, se realizó la evaluación para la muestra de agregados finos con la norma MTC E-206, cuyo peso de la muestra de agregado secado mediante horno a una temperatura de 115 °C, reporta un peso de 293 g, el peso de 301.1 g para la muestra saturada y superficie seca al aire. Los materiales de laboratorio fueron tasados, reportando un peso para el picnómetro con agua de 630 g, y para el Picnómetro con agua más muestra con un peso de 810 g; luego con estos datos, se calculó el peso específico promedio sobre la base de muestra secada al horno; reportando un peso específico de 2.517; el peso específico promedio sobre la base de muestra saturada y superficie seca al aire fue de 2.586 y un peso específico aparente de 2.703; así mismo, se determinó un índice de absorción fue de 2.74. En el procedimiento seguido, se determinó también un peso específico bulk de las briquetas de 2.610.

En la figura N° 38, se tiene resultados del tratamiento de la muestra N°01, en la que se observa la resistencia de mezclas bituminosas preparadas en el laboratorio empleando el método Marshall, cuyas propiedades de la muestra asfáltica son las siguientes:

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS MTC - E-205, 206

TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO

1 - MUESTRA		2 - PERSONAL			
UBICACIÓN: CANTERA TOROBAMBA I		SONDAJE: -		OPERADOR: T.P.V.	
MATERIAL MATERIAL PARA ASFALTO		PROFUND.: -		ASISTENTE: J.M.P.P	
3 - PESO ESPECIFICO					
AGREGADO GRUESO					
Mezcla de Agregados ... Grava 3/4 = 16% + Grava 1/2" = 20% + Arena chancada = 62% + Filler = 2%					
A	P. de la muestra seca al horno	599,1	598,4	599,0	PROMEDIO
B	P. de la muestra saturada superficialmente seca al aire	602,7	602,6	602,9	
C	P. de la muestra saturada superficialmente seca sumergida	378,0	378,4	380,2	
Peso específico sobre base seca A/(B-C)		2,667	2,645	2,690	2,667
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca B/(B-C)		2,682	2,664	2,707	2,684
Peso específico aparente A/(A-C)		2,710	2,696	2,737	2,714
Absorción de agua ((B-A)*100)/A		0,60	0,70	0,64	0,65
OBSERVACIONES		Peso específico Adoptado Bulk			2,691

AGREGADO FINO					
Pozo					
Profundidad					
A	P. Picnómetro mas agua aforado	630,0	631,0	629,9	PROMEDIO
B	P. de la muestra seca al horno	293,0	292,8	293,0	
C	P. de la muestra saturada superficialmente seca	301,1	300,9	301,0	
D	P. Picnómetro mas agua mas muestra aforado	815,0	814,5	815,1	
Peso específico sobre base seca B/(C-(D-A))		2,525	2,496	2,530	2,517
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca C/(C-(D-A))		2,594	2,565	2,599	2,586
Peso específico aparente B/(B-(D-A))		2,713	2,680	2,717	2,703
Absorción de agua ((C-B)*100)/B		2,74	2,76	2,73	2,74
OBSERVACIONES		Peso específico Adoptado Bulk			2,610

Figura N° 37: Resultados de la determinación de la gravedad específica de los agregados fino y grueso.

- La muestra asfáltica contiene en su composición estructural cemento asfáltico que representa un 6.5 % del peso total, un 36.93 % del peso es de grava triturada, un 54.70 % del

peso es de arena combinada y el 1.87 % del peso es de filler cemento.

- La relación del peso con el volumen de una unidad igual a la del agua evaluada en la mezcla asfáltica presenta un peso específico aparente del cemento asfáltico de 1.011, un peso específico de bulk de grava triturada de 2.691; un peso específico aparente de la grava triturada de 2.667; un peso específico bulk de la arena de 2.610; un peso específico aparente de la arena de 2.517 y finalmente un peso específico del filler de 2.342.
- Las briquetas compactadas presentan una altura promedio de 6.4; del mismo modo se determinó que el peso de la briketa al aire es de 1206.967; el peso promedio de la briketa saturada fue de 1207.667; el peso promedio de la briketa en el agua fue de 688.067 y finalmente el volumen de la briketa fue de 519.6. Siendo el peso promedio unitario de la mezcla de 2.323.

En conclusión: La compactación de la mezcla asfáltica, fue analizada según los estándares de la Norma ASTM 2041 (RICE), determinando una densidad de 2.406. Se determinó que el porcentaje promedio de vacíos en la mezcla fue de 3.5, valor que está dentro del rango comprendido de <3 –5 > que exige el estándar de calidad para este tipo de materiales.

Así mismo, según los resultados de la figura N° 38 para la muestra N° 1 (ensayo Marshall) que señala valores de estabilidad, flujo, vacíos entre otros resultados más; se visualiza que la cohesión interna y la textura de la mezcla presenta una estabilidad sin corregir de 945.33, con un factor de estabilidad de 1.00; una estabilidad promedio corregida de 945 que esta sobre el mínimo que exige la norma de 815 Kg y un flujo promedio de 3.42. La densidad de la mezcla asfáltica presenta una gravedad específica de los agregados de 2.635; un indicador de gravedad de específica bulk de los agregados de 2.661, análogamente se estimó el porcentaje de asfalto absorbido por los agregados de 0.37 %; un indicador de 6.29 para el contenido de asfalto efectivo; un indicador promedio de 18.4 para los vacíos de agregado para el mineral y un porcentaje promedio de 82.0 % para los vacíos llenos de cemento asfáltico; análogamente se estimó, la razón de estabilidad (kg)/flujo (mm) de 2767 que está contenido dentro de los límites de control de < 2025–3500 > que exige la norma; siendo la estabilidad de la mezcla del asfalto sumergida por un tiempo de 24 horas en agua a una temperatura de 60 °C, luego de aplicar el método Marshall, presenta una estabilidad retenida de 92.3 % que esta sobre el mínimo de 70 % que exige el estándar de calidad para este tipo de materiales; de la misma forma se calculó el índice de compactibilidad siendo de 9.4, el cual está sobre el mínimo de 5.0 que exige la norma y la relación de polvo/asfalto reporta resultado a una

razón aritmética de 1.2 que está dentro de los límites de control de calidad de $< 0.6 - 1.3 >$ que exige la norma para estos tipos de ensayo.

ENSAYO MARSHALL MTC - E-504										
TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO										
1 - MUESTRA						2 - PERSONAL				
UBICACIÓN: <u>CANTERA TOROBAMBA</u>						SONDAJE: -		OPERADOR: T.P.V.		
MATERIAL: <u>MATERIAL PARA ASFALTO</u>						PROFUND.: -		ASISTENTE: J.M.P.P		
3 - MARSHALL										
Tamz	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	ESPECIFICACIONES	
Espec.	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		
Lav. Asf.	100,00	90,48	75,84	59,56	42,78	17,18	11,35	7,46		
Número de Briqueta				1	2	3	Promedio			
01	% C.A. En peso de Mezcla			6,50						
02	% Grava Triturado en peso de la Mezcla			36,93						
03	% Arena Combinada en peso de Mezcla			54,70						
06	% Filler Cerrmento en peso de Mezcla			1,87						
07	Peso Especifico Aparente del C.A.			1,011						
08	Peso Especifico Bulk de Grava Triturada			2,691						
09	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada			2,667						
10	Peso Especifico Bulk de la Arena			2,610						
11	Peso Especifico Aparente de la Arena			2,517						
12	Peso Especifico Aparente del Filler			2,342						
13	Altura promedio de la Briqueta			6,3	6,4	6,5				
14	Peso de la Briqueta al aire			1208,9	1204,7	1207,3				
15	Peso de la Briqueta Saturada()			1209,4	1205,8	1207,8				
16	Peso de la Briqueta en el agua			688,3	688,1	687,8				
17	Volumen de la briqueta			521,1	517,7	520,0				
18	Peso Unitario (14/17)			2,320	2,327	2,322	2,323			
19	ASTM 2041 (RICE)			2,406						
20	% Vacios 100x(19-18)/19			3,6	3,3	3,5	3,5	3,0 - 5,0 (%)		
21	Estabilidad sin corregir			956	852	1028				
22	Factor de Estabilidad			1,00	1,00	1,00				
23	Estabilidad Corregida			956	852	1028	945	Min. 815 Kg.		
24	Flujo			3,50	3,25	3,50	3,42	2,0 - 4,0 (mm)		
25	Gravedad Especifica de los Agregados			2,835						
GSE= $\frac{100 - 01}{(02/08)+(03/10)+(06/12)}$										
26	Gravedad Especifica Bulk de los Agregados			2,661						
GSB= $\frac{100 - 01}{(100/19)-(01/07)}$										
27	Porcentaje de Asfalto Absorbido			0,37						
PAA= $100 \times 07 \times \frac{25 - 26}{25 \times 26}$										
28	Contenido de Asfalto Efectivo			6,29						
PAE= $01 - 27 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{100}$										
29	Vacios de Agregado Mineral			18,5	18,2	18,4	18,4			
VMA= $100 - 18 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{26}$										
30	Porcentaje de Vacios llenos de C.A.			80,7	82,0	81,0	81,2			
VFA = $\frac{28 - 20}{29}$										
31	Estabilidad(Kg) / flujo(mm) 23/24							2767	2025 - 3500	
32	Estabilidad Retenida , 24 horas a 60°C							92,3%	Min. 70%	
33	Indice de Compactibilidad							9,4	Min. 5	
Relación Polvo - Asfalto							1,2	0,6 - 1,3		

Figura N° 38: Resultados del ensayo Marshall (Muestra N° 1), de la mezcla asfáltica condiciones adecuadas de diseño.

De acuerdo a los resultados de la figura N° 39 para la muestra N° 2, se observa la resistencia de la muestra estructurada de la mezcla bituminosa preparada en el laboratorio empleando el método Marshall, presenta las siguientes características importantes:

- La relación del peso con el volumen de una unidad igual a la del agua evaluada en la mezcla asfáltica presenta un peso específico aparente del Cemento Asfáltico de 1.011, un peso específico de bulk de Grava Triturada de 2.691, un peso específico aparente de la Grava Triturada de 2.667, el peso específico bulk de la Arena de 2.610, el peso específico Aparente de la Arena de 2.517 y el peso específico del Filler de 2.342.
- La muestra asfáltica contiene en su composición estructural cemento asfáltico que representa un 5.5 % del peso total, un 37.33 % del peso es de grava triturada, un 55.28 % del peso es de arena combinada y el 1.89 % del peso es de Filler cemento.
- Las briquetas compactadas presentan una altura promedio es de 6.4, así mismo se tiene que el peso promedio de la briketa al aire es de 1156.6, el peso promedio de la briketa Saturada es de 1159.1, peso promedio de la briketa en el agua es de 662.2 y el volumen de la briketa es de 496.9 El peso promedio unitario de la mezcla 2.327.

Tamiz	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
Espec.	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	
Lav. Asf.	100,00	90,48	75,84	59,56	42,78	17,18	11,35	7,46	
Número de Briqueta				1	2	3		Promedio	
01	% C.A. En peso de Mezcla			5,50					
02	% Grava Triturado en peso de la Mezcla			37,33					
03	% Arena Combinada en peso de Mezcla			55,28					
06	% Filler Cermento en peso de Mezcla			1,89					
07	Peso Especifico Aparente del C.A.			1,011					
08	Peso Especifico Bulk de Grava Triturada			2,691					
09	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada			2,667					
10	Peso Especifico Bulk de la Arena			2,610					
11	Peso Especifico Aparente de la Arena			2,517					
12	Peso Especifico Aparente del Filler			2,342					
13	Altura promedio de la Briqueta			6,3	6,4	6,5			
14	Peso de la Briqueta al aire			1156,2	1157,2	1156,3			
15	Peso de la Briqueta Saturada()			1159,0	1158,6	1159,7			
16	Peso de la Briqueta en el agua			662,0	662,2	662,3			
17	Volumen de la briqueta			497,0	496,4	497,4			
18	Peso Unitario (14/17)			2,326	2,331	2,325	2,327		
19	ASTM 2041 (RICE)			2,400					
20	% Vacios 100x(19-18)/19			3,1	2,9	3,1	3,0	3,0 - 5,0 (%)	
21	Estabilidad sin corregir			926	936	910			
22	Factor de Estabilidad			1,00	1,00	1,00			
23	Estabilidad Corregida			926	936	910	924	Min. 815 Kg.	
24	Flujo			2,60	2,70	2,70	2,67	2,0 - 4,0 (mm)	
25	Gravedad Especifica de los Agregados $GSE = \frac{100 - 01}{(02/08) + (03/10) + (06/12)}$				2,635				
26	Gravedad Especifica Bulk de los Agregados $GSB = \frac{100 - 01}{(100/19) - (01/07)}$				2,609				
27	Porcentaje de Asfalto Absorbido $PAA = 100 \times 07 \times \frac{25 - 26}{25 \times 26}$				0,39				
28	Contenido de Asfalto Efectivo $PAE = 01 - 27 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{100}$				5,28				
29	Vacios de Agregado Mineral $VMA = 100 - 18 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{26}$			15,7	15,5	15,8	15,7		
30	Porcentaje de Vacios llenos de C.A. $VFA = \frac{29 - 20}{29}$			80,5	81,6	80,1	80,7		
31	Estabilidad(Kg) / flujo(mm) 23/24						3465	2025 - 3500	
32	Estabilidad Retenida , 24 horas a 60°C							Min. 70%	
33	Indice de Compactibilidad							Min. 5	
	Relación Polvo - Asfalto						1,4	0,6 - 1,3	

Figura N° 39: Resultados del ensayo Marshall (Muestra N° 2), de la mezcla asfáltica condiciones adecuadas de diseño.

En conclusión: La compactación de la mezcla asfáltica, fue analizada según los estándares de la Norma ASTM 2041 (RICE), determinando una densidad de 2.4; siendo para el porcentaje promedio de vacíos en la mezcla de 3.0, valores que están dentro del rango de < 3– 5 > que exige el estándar de calidad.

En la misma figura N° 39 que la cohesión interna y la textura de la mezcla presenta una estabilidad sin corregir promedio de 924.33, un factor de estabilidad de 1.00; una estabilidad corregida promedio de 924 que esta sobre el mínimo que exige la norma de 815 Kg y un flujo de 2.67.

La densidad de la mezcla asfáltica presenta una gravedad específica de los agregados de 2.635, un indicador de gravedad de específica bulk de los agregados de 2.609; del mismo modo se estimó el porcentaje de asfalto absorbido por los agregados fue de 0.39 %; con un indicador de 5.28 para el contenido de asfalto efectivo; un indicador promedio de 15.7 para los vacíos de agregado para el material y un porcentaje promedio de 80.7 % para los vacíos llenos de cemento asfáltico. Análogamente se estimó, la razón de estabilidad (kg)/flujo (mm) de 3465 que está contenido dentro de los límites de control de < 2025–3500 > que exige la norma; la estabilidad de la mezcla del asfalto sumergida 24 horas en agua con una temperatura de 60 °C, luego aplicar el método Marshall presenta una estabilidad retenida de 92.3 % que esta sobre el mínimo de 70 % que exige el

estándar, de la misma forma se calculó el índice de compactibilidad en 9.4 que esta sobre el mínimo de 5.0 que exige la norma y la relación de polvo/asfalto reporta una razón aritmética de 1.4 que está dentro de los límites de control de $< 0.60-1.3 >$ que exige la norma para este tipo de materiales para asfaltos.

En forma Análogamente, se observa resultados en la figura N° 40 de la muestra N° 3, que da información sobre la resistencia de la muestra estructurada de mezcla bituminosa preparada en el laboratorio empleando el método Marshall, la mezcla asfáltica obtenida presenta las siguientes características:

- Contiene en su composición estructural cemento asfáltico en un 6.0% del peso total; un 37.13 % del peso es grava triturada; un 54.99 % del peso es de arena combinada y un 1.88 % del peso es de Filler cemento.
- La relación del peso con el volumen de una unidad igual a la del agua evaluada en la mezcla asfáltica presenta un peso específico aparente de cemento asfáltico de 1.011; un peso específico de Bulk de grava triturada de 2.691, un peso específico aparente de la grava triturada de 2.667; un peso específico Bulk de la arena de 2.610; un peso específico aparente de la arena de 2.517 y un peso específico del Filler de 2.342.

Tamiz	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
Espec.	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	
Lav. Asf.	100,00	90,48	75,84	59,56	42,78	17,18	11,35	7,46	
Número de Briqueta				1	2	3	Promedio		
01	% C.A. En peso de Mezcla			6,00					
02	% Grava Triturado en peso de la Mezcla			37,13					
03	% Arena Combinada en peso de Mezcla			54,99					
06	% Filler Cemento en peso de Mezcla			1,88					
07	Peso Especifico Aparente del C.A.			1,011					
08	Peso Especifico Bulk de Grava Triturada			2,691					
09	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada			2,667					
10	Peso Especifico Bulk de la Arena			2,810					
11	Peso Especifico Aparente de la Arena			2,517					
12	Peso Especifico Aparente del Filler			2,342					
13	Altura promedio de la Briqueta			6,3	6,2	6,4			
14	Peso de la Briqueta al aire			1157,3	1157,8	1158,6			
16	Peso de la Briqueta Saturada()			1159,7	1159,0	1160,2			
16	Peso de la Briqueta en el agua			662,3	663,6	662,8			
17	Volumen de la briqueta			497,4	495,4	497,4			
18	Peso Unitario (14/17)			2,327	2,337	2,330	2,331		
19	ASTM 2041 (RICE)			2,410					
20	% Vacios 100x(19-18)/19			3,5	3,0	3,3	3,3	3,0 - 5,0 (%)	
21	Estabilidad sin corregir			996	972	968			
22	Factor de Estabilidad			1,00	1,00	1,00			
23	Estabilidad Corregida			998	972	968	979	Min. 815 Kg.	
24	Flujo			3,30	3,00	3,20	3,17	2,0 - 4,0 (mm)	
26	Gravedad Especifica de los Agregados GSE= $\frac{100 - 01}{(02/08)+(03/10)+(06/12)}$			2,635					
26	Gravedad Especifica Bulk de los Agregados GSB= $\frac{100 - 01}{(100/19)-(01/07)}$			2,643					
27	Porcentaje de Asfalto Absorbido PAA= $100 \times 07 \times \frac{25 - 26}{26 \times 26}$			0,12					
28	Contenido de Asfalto Efectivo PAE= $01 - 27 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{100}$			5,93					
29	Vacios de Agregado Mineral VMA= $100 - 18 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{26}$			17,3	16,9	17,2	17,1		
30	Porcentaje de Vacios llenos de C.A. VFA. = $\frac{29 - 20}{29}$			80,0	82,1	80,6	80,9		
31	Estabilidad(Kg) / flujo(mm) 23/24						3093	2025 - 3500	
32	Estabilidad Retenida , 24 horas a 60°C						Min. 70%		
33	Indice de Compactibilidad						Min. 5		
	Relación Polvo - Asfalto						1,3	0,6 - 1,3	

Figura N° 40: Resultados del ensayo Marshall (Muestra N° 3), de la mezcla asfáltica condiciones adecuadas de diseño.

- Las briquetas compactadas presentan una altura promedio de 6.3; así mismo se tiene que el peso promedio de la briqueta al aire es de 1157.97, el peso promedio de la briqueta saturada es de 1159.633, el peso promedio de la briqueta en el agua es de 662.90 y el volumen de la briqueta es de 496.73, y finalmente el peso promedio unitario de la mezcla fue de 2.331.

En conclusión: La compactación de la mezcla asfáltica, fue analizada según los estándares de la Norma ASTM 2041 (RICE); encontrándose que para la densidad se obtuvo un valor de 2.410; el porcentaje promedio de vacíos en la mezcla fue de 3.3; valores que se encuentran dentro del rango de < 3–5 >, según la exigencia de las normas y el estándar de calidad para este tipo de materiales.

En la misma figura N° 40, se observa que la cohesión interna y la textura de la mezcla presenta una estabilidad sin corregir promedio de 979.33; un factor de estabilidad de 1.00; una estabilidad corregida promedio de 979 que esta sobre el mínimo que exige la norma que es de 815 Kg y un flujo de 3.17. La densidad de la mezcla asfáltica presenta una gravedad específica de los agregados de 2.635; de un indicador de gravedad de específica Bulk de los agregados de 2.643; así mismo se estimó el porcentaje de asfalto absorbido por los agregados siendo de 0.12 %; un indicador de 5.93 para el contenido de asfalto efectivo; un indicador promedio de 17.1 para los vacíos de

agregado para el material y un porcentaje promedio de 81.7 % para los vacíos llenos de cemento asfáltico. Análogamente se estimó, la razón de estabilidad (kg)/Flujo (mm) de 2813 que está contenido dentro de los límites de control de < 2025–3500 > que exige la norma; una estabilidad de la mezcla del asfalto sumergida a 24 horas en agua con una temperatura de 60 °C, luego aplicando el método Marshall presenta una estabilidad retenida de 92.3% que esta sobre el mínimo de 70% que exige el estándar; de la misma forma se calculó el índice de compactabilidad en 9.4 que esta sobre el mínimo de 5.0 que exige la norma y la relación de polvo/asfalto en la que se reporta una razón aritmética de 1.2 que está dentro de los límites de control comprendidos en el rango de < 0.60–1.3 > que exige la norma para este tipo de materiales.

Considerando un ensayo más y en forma similar a la descripción de las muestras anteriores, en la figura N° 41 se tiene resultados de la muestra N° 4, se observa que la resistencia de la muestra estructurada de mezcla bituminosa preparada en el laboratorio empleando el método Marshall, presenta las siguientes características importantes:

- La muestra asfáltica contiene en su composición estructural cemento asfáltico que representa un 6.5 % del peso total; un 36.93 % del peso es de grava triturada; un 54.70 % del peso

es de arena combinada y en un 1.87 % del peso de Filler cemento.

Tamiz	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
Espec.	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	
Lav. Asf.	100,00	90,48	75,84	59,56	42,78	17,18	11,35	7,46	
Número de Briqueata				1	2	3	Promedio		
01	% C.A. En peso de Mezcla			6,50					
02	% Grava Triturado en peso de la Mezcla			36,93					
03	% Arena Combinada en peso de Mezcla			54,70					
06	% Filler Cemento en peso de Mezcla			1,87					
07	Peso Especifico Aparente del C.A.			1,011					
08	Peso Especifico Bulk de Grava Triturada			2,691					
09	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada			2,667					
10	Peso Especifico Bulk de la Arena			2,610					
11	Peso Especifico Aparente de la Arena			2,517					
12	Peso Especifico Aparente del Filler			2,342					
13	Altura promedio de la Briqueata			6,2	6,3	6,3			
14	Peso de la Briqueata al aire			1159,4	1158,8	1160,3			
15	Peso de la Briqueata Saturada()			1161,5	1162,8	1165,3			
16	Peso de la Briqueata en el agua			667,2	666,8	668,2			
17	Volumen de la briqueata			494,3	496,0	497,1			
18	Peso Unitario (14/17)			2,346	2,336	2,334	2,339		
19	ASTM 2041 (RICE)			2,420					
20	% Vacios 100x(19-18)/19			3,1	3,5	3,5	3,4		
21	Estabilidad sin corregir			990	995	997			
22	Factor de Estabilidad			1,00	1,00	1,00			
23	Estabilidad Corregida			990	995	997	994		
24	Flujo			3,50	3,60	3,50	3,53		
25	Gravedad Especifica de los Agregados								
	GSE= $\frac{100 - 01}{(02/08)+(03/10)+(06/12)}$			2,635					
26	Gravedad Especifica Bulk de los Agregados								
	GSB= $\frac{100 - 01}{(100/19)-(01/07)}$			2,680					
27	Porcentaje de Asfalto Absorbido								
	PAA= $100 \times 07 \times \frac{25 - 26}{25 \times 26}$			0,63					
28	Contenido de Asfalto Efectivo								
	PAE= $01 - 27 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{100}$			6,14					
29	Vacios de Agregado Mineral								
	VMA= $100 - 18 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{26}$			18,2	18,5	18,6	18,4		
30	Porcentaje de Vacios llenos de C.A.								
	VFA. = $\frac{29 - 20}{29}$			83,1	81,3	80,9	81,7		
31	Estabilidad(Kg) / flujo(mm)			23/24			2813		
32	Estabilidad Retenida , 24 horas a 60°C						Min. 70%		
33	Indice de Compactibilidad						Min. 5		
	Relación Polvo - Asfalto						1,2		
							0,6 - 1,3		

Figura N° 41: Resultados del ensayo Marshall (Muestra N° 4), de la mezcla asfáltica condiciones adecuadas de diseño.

- La relación del peso con el volumen de una unidad igual a la del agua evaluada en la mezcla asfáltica presenta un peso específico aparente de cemento asfáltico de 1.011; un peso específico de bulk de grava triturada de 2.691; un peso específico aparente de la grava triturada de 2.667; un peso específico bulk de la arena de 2.610, el peso específico aparente de la arena de 2.517 y un peso específico del Filler de 2.342.
- Las briquetas compactadas presentan una altura promedio de 6.267; así mismo se tiene que el peso promedio de la briketa al aire es de 1159.50; el peso promedio de la briketa saturada es de 1163.20, el peso promedio de la briketa en el agua es de 667.400 y el volumen de la briketa fue de 495.800 y por último el peso promedio unitario de la mezcla fue de 2.339.

En conclusión: La compactación de la mezcla asfáltica, que fue analizada según los estándares de la Norma ASTM 2041 (RICE), se obtuvieron valores de densidad de 2.420; siendo para el porcentaje promedio de vacíos en la mezcla de 3.4, los cuales se encuentran dentro del rango de < 3–5 > que exige el estándar de calidad para este tipo de materiales.

Del mismo modo, de los resultados de la misma figura N° 41, se observa que la cohesión interna y la textura de la mezcla presenta

una estabilidad sin corregir promedio de 994.0; un factor de estabilidad de 1.00; una estabilidad corregida promedio de 994 que esta sobre el mínimo que exige la norma de 815 Kg y un flujo de 3.53. La densidad de la mezcla asfáltica presenta una gravedad específica de los agregados de 2.635; un indicador de gravedad de específica bulk de los agregados de 2.680; se estimó el porcentaje de asfalto absorbido por los agregados de un 0.63 %; un indicador de 6.14 para el contenido de asfalto efectivo; un indicador promedio de 18.4 para los vacíos de agregado para el material y un porcentaje promedio de 81.7 % para los vacíos llenos de cemento asfáltico; en forma similar se estimó, la razón de estabilidad (kg)/flujo (mm) de 2813, valor que se encuentra dentro de los límites de control de < 2025–3500 > que exige la norma; la estabilidad de la mezcla del asfalto sumergida 24 horas en agua con una temperatura de 60 °C, luego de aplicar el método Marshall presenta una estabilidad retenida del 92.3 % que esta sobre el mínimo de 70 % que exige el estándar; de la misma forma se calculó el índice de compactibilidad, siendo su valor de 9.4 que esta sobre el mínimo que es de 5.0 que exige la norma y la relación de polvo/asfalto reporta una razón aritmética de 1.2 que está dentro de los límites de control comprendidos de < 0.60–1.3 > que exige la norma para el material tratado.

A continuación, se presenta la descripción y resultados de la muestra N° 5, como en los casos anteriores esta se visualiza en la figura N° 42, que presenta las siguientes características:

- La muestra asfáltica contiene en su composición estructural, cemento asfáltico que representa un 7.0 % del peso total; un 36.74 % del peso en grava triturada; un 54.41 % del peso es de arena combinada y en un 1.86 % del peso de Filler cemento.
- La relación del peso con el volumen de una unidad igual a la del agua evaluada en la mezcla asfáltica presenta un peso específico aparente de cemento asfáltico de 1.011; un peso específico de bulk de grava triturada de 2.691; un peso específico aparente de la grava triturada de 2.667; un peso específico bulk de arena de 2.610; un peso específico aparente de arena de 2.517 y finalmente un peso específico del Filler de 2.342.
- Las briquetas compactadas presentan una altura promedio de 6.233; así mismo se tiene que el peso promedio de la briketa al aire es de 1157.83; el peso promedio de la briketa saturada es de 1159.20, el peso promedio de la briketa en el agua es de 666.967; el volumen de la briketa es de 492.233, y el peso promedio unitario de la mezcla fue de 2.352.

Tamiz	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
Espec.	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	
Lav. Asf.	100,00	90,48	75,84	59,56	42,78	17,18	11,35	7,46	
Número de Briqueeta				1	2	3		Promedio	
01 % C.A. En peso de Mezcla					7,00				
02 % Grava Triturado en peso de la Mezcla					36,74				
03 % Arena Combinada en peso de Mezcla					54,41				
06 % Filler Cermento en peso de Mezcla					1,86				
07 Peso Especifico Aparente del C.A.					1,011				
08 Peso Especifico Bulk de Grava Triturada					2,691				
09 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada					2,667				
10 Peso Especifico Bulk de la Arena					2,610				
11 Peso Especifico Aparente de la Arena					2,517				
12 Peso Especifico Aparente del Filler					2,342				
13 Altura promedio de la Briqueeta			6,2		6,3		6,2		
14 Peso de la Briqueeta al aire			1158,4		1158,0		1157,1		
15 Peso de la Briqueeta Saturada()			1159,6		1159,7		1158,3		
16 Peso de la Briqueeta en el agua			665,8		666,7		668,4		
17 Volumen de la briqueeta			493,8		493,0		489,9		
18 Peso Unitario (14/17)			2,346		2,349		2,362		2,352
19 ASTM 2041 (RICE)					2,43				
20 % Vacios 100x(19-18)/19			3,5		3,3		2,8		3,2
21 Estabilidad sin corregir			951		945		950		3,0 - 6,0 (%)
22 Factor de Estabilidad			1,00		1,00		1,00		
23 Estabilidad Corregida			951		945		950		Min. 815 Kg.
24 Flujo			3,50		3,60		3,60		3,57
25 Gravedad Especifica de los Agregados					2,635				
$GSE = \frac{100 - 01}{(02/08) + (03/10) + (06/12)}$									
26 Gravedad Especifica Bulk de los Agregados					2,717				
$GSB = \frac{100 - 01}{(100/19) - (01/07)}$									
27 Porcentaje de Asfalto Absorbido					1,15				
$PAA = 100 \times 07 \times \frac{25 - 26}{25 \times 26}$									
28 Contenido de Asfalto Efectivo					6,35				
$PAE = 01 - 27 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{100}$									
29 Vacios de Agregado Mineral				19,7	19,6		19,2		19,5
$VMA = 100 - 18 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{26}$									
30 Porcentaje de Vacios llenos de C.A.				82,4	83,0		85,4		83,6
$VFA = \frac{29 - 20}{29}$									
31 Estabilidad(Kg) / flujo(mm) 23/24									2660
32 Estabilidad Retenida , 24 horas a 60°C									Min. 70%
33 Indice de Compactibilidad									Min. 5
Relación Polvo - Asfalto								1,2	0,6 - 1,3

Figura N° 42: Resultados del ensayo Marshall (Muestra N° 5), de la mezcla asfáltica condiciones adecuadas de diseño.

En conclusión: La compactación de la mezcla asfáltica, fue analizada según los estándares de la Norma ASTM 2041 (RICE), se determinó

una densidad de 2.43 y un porcentaje promedio de vacíos en la mezcla de 3.2, valor que está dentro del rango permitido de < 3–5 > que normalmente exige el estándar de calidad para este tipo de materiales.

Así mismo, se tiene en la figura N° 42 que la cohesión interna y la textura de la mezcla presenta una estabilidad sin corregir promedio de 948.7; un factor de estabilidad de 1.00; una estabilidad corregida promedio de 949 que está sobre el mínimo que exige la norma de 815 Kg y un flujo de 3.57. La densidad de la mezcla asfáltica presenta una gravedad específica de los agregados de 2.635; un indicador de gravedad de específica bulk de los agregados de 2.717; se estimó el porcentaje de asfalto absorbido por los agregados de 1.15 %; un indicador de 6.35 para el contenido de asfalto efectivo; un indicador promedio de 19.5 para los vacíos de agregado para el material y un porcentaje promedio de 83.6 % para los vacíos llenos de cemento asfáltico.

Análogamente se estimó, la razón de estabilidad (kg)/Flujo (mm) de 2660 que está contenido dentro de los límites de control de comprendidos en el rango de < 2025– 3500 > que exige la norma; la estabilidad de la mezcla del asfalto sumergida 24 horas en agua con una temperatura de 60 °C, luego aplicar el método Marshall se encuentra una estabilidad retenida de 92.3 % que esta sobre el mínimo de 70 % que exige el estándar para este material; de la misma

forma se calculó el índice de compactibilidad siendo de 9.4 que esta sobre el mínimo de 5.0 que exige la norma y finalmente la relación de polvo/asfalto reporta una razón aritmética de 1.2 que está dentro de los límites de control comprendidos en el rango de $< 0.60-1.3 >$ que exige la norma para estos tipos de materiales.

CONCLUSIÓN FINAL DE LAS 05 MUESTRAS: En la figura N° 43 se tiene el consolidado de los resultados de las muestras asfálticas por el método Marshall; las cinco muestras se analizó en forma simultánea, determinándose características estructurales muy semejantes, dentro se tiene:

- Un promedio de 6.3 % de cemento asfáltico, cuyo coeficiente de variación es de 9.05 % lo que indica que este material presenta un comportamiento homogéneo en la mezcla, así mismo, se tiene en promedio un 37.01 % del peso que corresponde a grava triturada; un 54.81 % del peso es debido a la presencia de arena combinada y un promedio 1.87 % de peso que corresponde a filler de cemento. En cuanto al coeficiente de variación de estos materiales fue de 0.61 % para grava triturada, para arena combinada y para filler de cemento, que indica que las proporciones de estos materiales son estadísticamente iguales en cada una de las muestras.
- Con respecto al peso específico promedio, se considera que es constante para todas las muestras en evaluación; tiene un

índice de 1.01 para el peso específico aparente del cemento de asfalto; así mismo, las muestras presenta un indicador promedio de 2.69 para el peso específico bulk de grava y arena; tiene un indicador medio de 2.67 para el peso específico aparente de la grava triturada; presenta un indicador medio de 2.61 para el peso específico bulk de la arena; un indicador promedio de 2.52 para el peso específico aparente de la arena y finalmente un índice medio de 2.43 para el peso específico aparente del filler.

- Una altura promedio de las briquetas compactadas con mezcla de asfalto es de 6.32 y un coeficiente de variación de 1.21 %; el peso de la briketa al aire en promedio en la replicas es de 1167.77 con un coeficiente de variación de 1.88 %: el peso de la briketa saturada es de 1169.76 con un coeficiente de variación de 1.82 % y el peso de la briketa en el agua de 669.50 con un coeficiente de variación de 1.59 % y un volumen de la briketa de 500.26 con un coeficiente de variación 2.19 %. De acuerdo a los resultados analizando los coeficientes de variación calculados, no superan el 3 %, en consecuencia se concluye que las muestras asfálticas compactadas en las briquetas aplicando los estándares de la norma MTC E-540, presenta uniformidad en sus valores obtenidos en forma

experimental que a la vez se encuentran dentro de los rangos permisibles para los materiales estudiados.

CRITERIOS	M01	M02	M03	M04	M05	PROMEDIO	DESVIACION	CV%
01 % C.A. En peso de Mezcla	6,50	5,50	6,00	6,50	7,00	6,30	0,57	9,05
02 % Grava Triturada en peso de la Mezcla	36,93	37,33	37,13	36,93	36,74	37,01	0,23	0,61
03 % Arena Combinada en peso de Mezcla	54,70	55,28	54,99	54,70	54,41	54,81	0,33	0,61
06 % Filler Cemento en peso de Mezcla	1,87	1,89	1,88	1,87	1,86	1,87	0,01	0,61
07 Peso Especifico Aparente del C.A.	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	0,00	0,00
08 Peso Especifico Bulk de Grava Triturada	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	2,69	0,00	0,00
09 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	0,00	0,00
10 Peso Especifico Bulk de la Arena	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	0,00	0,00
11 Peso Especifico Aparente de la Arena	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	0,00	0,00
12 Peso Especifico Aparente del Filler	2,57	2,34	2,57	2,34	2,34	2,43	0,12	5,03
13 Altura promedio de la Briqueta	6,40	6,40	6,30	6,27	6,23	6,32	0,08	1,21
14 Peso de la Briqueta al aire	1206,97	1156,57	1157,97	1159,50	1157,83	1167,77	21,94	1,88
15 Peso de la Briqueta Saturada(l)	1207,67	1159,10	1159,63	1163,20	1159,20	1169,76	21,26	1,82
16 Peso de la Briqueta en el agua	688,07	662,17	662,90	667,40	666,97	669,50	10,64	1,59
17 Volumen de la briqueta	519,60	496,93	496,73	495,80	492,23	500,26	10,98	2,19
18 Peso Unitario (14/17)	2,32	2,33	2,33	2,34	2,35	2,33	0,01	0,49
19 ASTM 2041 (RICE)	2,41	2,40	2,41	2,42	2,43	2,41	0,01	0,49
20 % Vacios 100x(19-18)/19	3,45	3,02	3,27	3,36	3,20	3,26	0,16	5,02
21 Estabilidad sin corregir	945,33	924,00	979,33	994,00	948,67	958,27	28,08	2,93
22 Factor de Estabilidad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
23 Estabilidad Corregida	945,33	924,00	979,33	994,00	948,67	958,27	28,08	2,93
24 Flujo	3,42	2,67	3,17	3,53	3,57	3,27	0,37	11,38
25 Gravedad Especifica de los Agregados GSE= $\frac{100 - 01}{(02/08)+(03/10)+(06/12)}$	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	0,00	0,00
26 Gravedad Especifica Bulk de los Agregados GSB= $\frac{100 - 01}{(100/19)-(01/07)}$	2,66	2,61	2,64	2,68	2,72	2,66	0,04	1,52
27 Porcentaje de Asfalto Absorbido PAA= $100 \times 07 \times \frac{25 - 28}{25 \times 26}$	0,37	0,39	0,12	0,63	1,15	0,53	0,39	73,28
28 Contenido de Asfalto Efectivo PAE= $01 - 27 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{100}$	6,29	5,28	5,93	6,14	6,35	6,00	0,43	7,24
29 Vacios de Agregado Mineral VMA= $100 - 18 \times \frac{02 + 03 + 04 + 05 + 06}{28}$	18,39	15,69	17,11	18,40	19,49	17,81	1,46	8,18
30 Porcentaje de Vacios llenos de C.A. VFA. = $\frac{29 - 20}{29}$	81,22	80,72	80,89	81,74	83,59	81,63	1,16	1,42
31 Estabilidad(Kg) / flujo(mm) 23/24	2766,83	3465,00	3092,63	2813,21	2659,81	2959,50	324,65	10,97
32 Estabilidad Retenida , 24 horas a 60°C	92%	92%	92%	92%	92%	92%	0,00	0,00
33 Indice de Compactibilidad	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	0,00	0,00
Relación Póvo - Asfalto	1,19	1,41	1,26	1,21	1,17	1,25	0,10	7,79

Figura N° 43: Resumen de los resultados de las 05 mezclas asfálticas por el método Marshall.

- Un peso unitario promedio de 2.33 con un coeficiente de variación de 0.49 %; una densidad promedio calculada con el estándar ASTM 2041 (RICE) de 2.41 con un coeficiente de variación de 0.49%; un porcentaje de vacíos de 3.26 % con un coeficiente de variación de 5.02 %. Los resultados evaluados a través de sus coeficientes de variación, se concluye que los valores obtenidos son pequeños, por cuanto nos indican que la densidad en las muestras en análisis presenta uniformidad o presentan homogeneidad.
- La estabilidad promedio sin corregir de 958.27 con un coeficiente de variación de 2.93 %; el factor de estabilidad es una constante utilizada en todo el proceso, por consiguiente se determinó que el índice promedio de la estabilidad corregida es de 958.27 con un coeficiente de variación de 2.93 %. Del mismo modo, los resultados obtenidos de las cinco muestras de asfaltos, nos permiten determinar que la estabilidad de las muestras, tiene una estabilidad semejante en cada una de las réplicas analizadas en el laboratorio.
- La gravedad específica promedio de los agregados determinados en las muestras es un valor constante de 2.64; la gravedad específica bulk promedio de los agregados es de 2.66 con un coeficiente de variación de 1.52; un porcentaje de asfalto absorbido de 0.53 % con un coeficiente de variación de

73.28 % que demuestra que los porcentajes de asfalto absorbido es muy variado o heterogéneo en cuestión de absorción de asfalto por los materiales para asfalto. En lo referente a el contenido de asfalto efectivo en promedio es de 6.00 con un coeficiente de variación de 7.24 %; para el indicador medio de vacíos de agregado del material es de 17.81 con un coeficiente de variación de 8.18 %; además presenta una relación de estabilidad/flujo de 2959.50 con un coeficiente de variación de 10.97 % que es menos que un coeficiente de variación de 11 %, por tanto, es considerado uniforme en su comportamiento. En cuanto a la estabilidad de la mezcla del asfalto sumergida 24 horas en agua con una temperatura de 60 °C, presenta una estabilidad retenida para las muestras de asfalto analizadas un factor constante de 92.3 %; tiene un índice de compactibilidad constante de 9.4 y se muestra una relación de polvo/asfalto en las réplicas de asfalto de un índice promedio de 1.25 y un coeficiente de variación de 7.79 % que denota un comportamiento parecido en todas las muestras de asfalto en estudiadas.

De los resultados se establece que las muestras estructuradas elaboradas en el laboratorio o las réplicas compactadas en las briquetas presentan indicadores tanto para los materiales y para la mezcla asfáltica que están dentro de los límites de control que exigen

las normas para la elaboración de asfalto utilizadas para la presente estudio de investigación.

En la figura N° 44 se visualiza diversas gráficas, donde las muestras en análisis presentan algunas propiedades naturales de los materiales, considerando que al desarrollarse algún proceso químico generan, éstas generan algunas propiedades físicas, formadas por los agregados y las emulsiones utilizadas en la mezcla de asfalto, entre ellas tenemos:

- De acuerdo a la gráfica de la figura de la cantidad de cemento asfáltico frente a la estabilidad corregida, se observa en forma adecuada una tendencia de tipo parabólica cuyo punto de 6.5 % de cemento asfáltico; sin embargo, que para porcentaje de cemento asfáltico menores a 6,5% las estabilidad disminuye hasta 924; de la misma forma se tiene que para porcentaje de cemento asfáltico mayores a 6.5% la estabilidad corregida en la muestras analizadas disminuye. Esto quiere decir que el punto óptimo de cemento asfáltico para conseguir maximizar la estabilidad es de 6.5% que es un estándar recomendado por las norma de calidad del método Marshall.

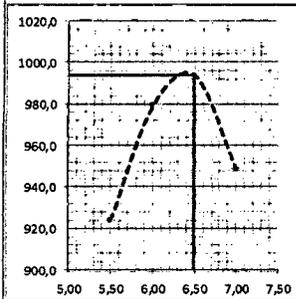
GRAFICOS ENSAYO MARSHALL MTC - E-504

TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO

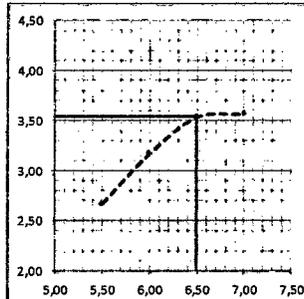
1 - MUESTRA	2 - PERSONAL
UBICACION: CANTERA TOROBAMBA I	OPERADOR: T.P.V.
MATERIAL MATERIAL PARA ASFALTO	ASISTENTE: J.M.P.P
SONDAJE: -	
PROFUND.: -	

3 - GRAFICA

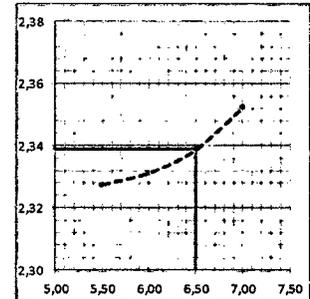
ESTABILIDAD				
% de asfalto	5,50	6,00	6,50	7,00
Estudio	924,00	979,33	994,00	948,67



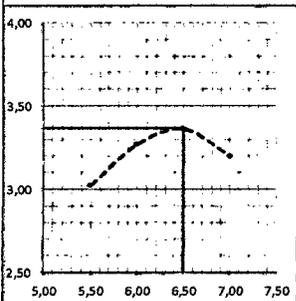
FLUJO				
% de asfalto	5,50	6,00	6,50	7,00
Estudio	2,67	3,17	3,53	3,57



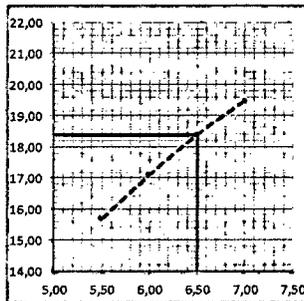
PESO UNITARIO				
% de asfalto	5,50	6,00	6,50	7,00
Estudio	2,33	2,33	2,34	2,35



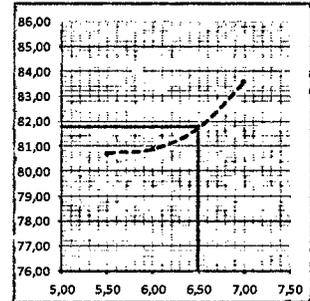
VACIOS				
% de asfalto	5,50	6,00	6,50	7,00
Estudio	3,02	3,27	3,36	3,20



VMA				
% de asfalto	5,50	6,00	6,50	7,00
Estudio	15,69	17,11	18,40	19,49



VACIOS LLENADOS CON C.A				
% de asfalto	5,50	6,00	6,50	7,00
Estudio	80,72	80,89	81,74	83,59



ESTABILIDAD/FLUJO				
% de asfalto	5,50	6,00	6,50	7,00
Estudio	3465,00	3092,63	2813,21	2659,81

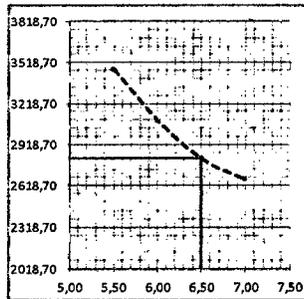


Figura N° 44: Representación gráfica de los resultados de las 05 muestras de asfaltos por el método Marshall.

- La relación cemento asfáltico y flujo, en la gráfica presenta una tendencia casi lineal positiva para los porcentajes de cemento asfáltico que oscilan de 5.5 % hasta 6.5 % asociados a índices de flujo que oscilan de 2.67 a 3.53, luego la curva descrita presenta un crecimiento suave para un porcentaje de cemento asfáltico de 7 % que le corresponde un índice de flujo de 3.57. Analizando en forma conjunta el comportamiento de esta relación, se determina que para valores menores del porcentaje de cemento asfáltico; el flujo de la mezcla tiene un crecimiento lineal positivo, en tanto que para valores de cemento asfáltico mayores que 6.5 % el crecimiento es suave tendiendo un comportamiento casi constante.
- En cuanto al comportamiento cemento asfáltico y peso unitario, en la gráfica se observa; que las muestras de asfalto evaluadas presentan una tendencia exponencial, que para porcentajes menores del 6.5 % de cemento asfáltico se observa que el peso unitario de las réplicas crece de izquierda a derecha, incrementando el peso unitario en 0.01 de 2.33 a 2.34 , por cada incremento del 0.5 % de cemento asfáltico; en tanto que para porcentaje mayores del 6.5 % de cemento asfáltico el peso unitario crece en la misma proporción que en el tramo anterior.

- En relación al porcentaje de cemento asfáltico y el porcentaje de vacíos, se observa que presenta una tendencia parabólica cuyo punto óptimo es 6.5 % de cemento asfáltico y 3.36 % de vacíos en la mezcla asfáltica, para porcentajes menores a 6.5 % de cemento asfáltico se observa que se asocia a porcentaje de vacíos menores a 3.36 o que el porcentaje de vacíos crece en la mezcla asfáltica llegando a su punto máximo para un 6.5 % de cemento asfáltico en tanto que a partir de porcentajes mayores de 6.5 % de cemento asfáltico el porcentaje de vacíos en la mezcla disminuye.
- En cuanto a la relación del porcentaje de cemento asfáltico y los vacíos en el agregado mineral, se observa en la gráfica una tendencia lineal positiva con un incremento aproximado de 1.0 % en los vacíos del agregado mineral, pero para efectos del experimento, el punto óptimo es de 6.5 % de cemento asfáltico y 18.4 % de vacíos del agregado mineral.
- En la gráfica de porcentaje de cemento asfáltico y los vacíos llenados con mineral, se observa una tendencia exponencial con crecimiento ascendente, cuyo punto óptimo para el experimento es de 6.5 % de cemento asfáltico y un 81.74 % de vacíos llenados con cemento asfáltico.
- En la gráfica que representa la relación porcentaje de cemento asfáltico y la proporcionalidad de estabilidad/flujo, se observa

que se da una tendencia lineal con pendiente negativa, o una relación inversamente proporcional, puesto que a medida, que el porcentaje de cemento asfáltico crece, la proporción de estabilidad/flujo disminuye, pero en este contexto el punto óptimo para el diseño de la mezcla asfáltica es de 6.4 % de cemento asfáltico y 2813.21 de estabilidad/flujo.

En la figura N° 45 se presenta los resultados de la determinación de la densidad máxima promedio de la muestra, siendo de 2.404 del material para el asfalto con un Volumen de 416 g de muestra.

Así mismo en la Figura N° 46 se presenta resultados de la estimación del porcentaje de estabilidad retenida, donde se obtiene un 92.3 % derivada del material para asfalto.

En la Figura N° 47 se tiene resultados de la compactación de las briquetas a razón de 50 golpes de martillo, comparado con 5 golpes para una muestra que contiene 6.5 % de cemento asfáltico, se obtiene un índice de compactación de 9.4.

Según los resultados obtenidos y de los análisis efectuados se pueden establecer que los descriptores del experimento para la elaboración de la mezcla de asfalto y aplicando el método Marshall son las siguientes:

- Con respecto a los materiales utilizados para la elaboración de muestra de asfalto: presenta como característica un contenido

de un 6.3 % en promedio de cemento asfáltico; un 37.01 % de grava triturada; un 54.81 % de arena combinada, y finalmente un 1.87 % de filler.

RICE (ASTM D - 2041)									
TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO									
1 - MUESTRA					2- PERSONAL				
UBICACIÓN: CANTERA TOROBAMBA I					SONDAJE: -				
MATERIAL MATERIAL PARA ASFALTO					PROFUND.: -				
					OPERADOR: T.P.V.				
					ASISTENTE: J.M.P.P				
3- DATOS									
	ENSAYO	Nº	1	2					
1	Cemento Asfáltico	%	6,50						
2	Peso de la Muestra al Aire	gr	1000,0						
3	Peso del Frasco	gr	0,0						
4	Peso del Frasco + Muestra	gr	1000,0						
5	Peso del Frasco + Agua <small>calibrado</small>	gr	3524,0						
6	Peso del Frasco + Agua + Muestra <small>Despues del Ensayo</small>	gr	4108,0						
7	Peso de la Muestra + Frasco	gr	3108,0						
8	Volumen de la Muestra	gr	416,0						
9	Densidad Máxima de la Muestra	gr/cm ³	2,404						
	Promedio Densidad Máxima de la Muestra	gr/cm ³	2,404						

Figura N° 45: Resultados para la obtención de la densidad máxima de la muestra de asfalto.

ESTABILIDAD RETENIDA							
TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO							
1 - MUESTRA				2- PERSONAL			
UBICACIÓN: CANTERA TOROBAMBA I		SONDAJE: -		OPERADOR: T.P.V.			
MATERIAL MATERIAL PARA ASFALTO		PROFUND.: -		ASISTENTE: J.M.P.P			
3- DATOS							
BRIQUETA N°		1	2	3	4	5	6
1	% CA. En peso de la mezcla		6,50			6,50	
2	Altura Promedio de la briqueta						
3	Peso de la briqueta al aire	1138,6	1139,5	1134,7	1139,2	1138,2	1134,6
4	Peso de la briqueta Sumergida (01Hbra)	1139,2	1140,2	1135,2	1140,9	1139,2	1135,2
5	Peso de la briqueta sumergida	587,3	586,2	582,6	584,6	587,6	584,3
6	Volumen de la briqueta	551,9	554,0	552,6	556,3	551,6	550,9
7	Peso Unitario de la briqueta	2,063	2,057	2,053	2,048	2,063	2,060
8	Flujo (0,01 pulg.)						
9	Estabilidad sin corregir	890	895	887	835	830	800
10	Factor de estabilidad	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
11	Estabilidad corregida	854	859	852	802	797	768
PROMEDIO ESTABILIDAD A:		30 MINUTOS		866	24 HORAS		789
% DE ESTABILIDAD RETENIDA							92,3%

Figura N° 46: Resultados de la estabilidad relativa de muestras de asfalto.

INDICE DE COMPA2:K19ACTIBILIDAD							
TESIS CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMULACION DE ASFALTO EN CALIENTE PARA EL PRIMER TRAMO QUINUA - CHALLHUAMAYO - DISTRITO DE TAMBO - PROVINCIA LA MAR - DEPARTAMENTO AYACUCHO							
1 - MUESTRA							
UBICACIÓN: CANTERA TOROBAMBA 1				SONDAJE: -		FECHA: dic-12	
MATERIAL MATERIAL PARA ASFALTO				PROFUND.: -		ASISTENTE: J.M.P.P	
3- DATOS							
N° GOLPES POR LADO		50			5		
1	% C.A. En peso de la mezcla	6,50			6,50		
2	Altura Promedio de la briqueta						
3	Peso de la briqueta al aire	1140,7	1141,9	1140,6	1139,2	1141,3	1142,2
4	Peso de la briqueta Saturada (01Hora)	1141,3	1142,5	1141,5	1140,6	1142,3	1143,5
5	Peso de la briqueta mas parafina sumergida	589,3	590,2	584,9	560,2	559,8	562,3
6	Volumen de la briqueta por desplazamiento	552,0	552,3	556,6	580,4	582,5	581,2
7	Peso Unitario de la briqueta	2,066	2,068	2,049	1,963	1,959	1,965
PROMEDIO P. UNITARIO		2,067			1,961		
INDICE DE COMPACTIBILIDAD		9,4					

Figura N° 47: Resultados del índice de compactibilidad de las muestras de asfaltos.

- En cuanto a los procesos mecánicos; las gravas sometidas a la prueba de la abrasión Los Ángeles o desgaste de los agregados, reportan un resultado de un 21,56 % de desgaste del agregado, que comparado con la especificación de la norma MTC E-207 que exige como máximo un 35 % de resistencia al desgaste, por lo que el valor de 21,56 % es menor que el 35 % según la norma de control. Con respecto al

agregado grueso se encontró un 91.7 % de grava con una cara fracturada que es mayor que el límite de control que exige la norma de 85 % como mínimo y un 96.1 % de grava que presentan dos o más caras fracturadas que es mayor que el límite control de la norma MTC E-210 que exige por lo menos un 50 % de caras fracturadas; de acuerdo a los resultados obtenidos se llega a la conclusión que la Chancadora Secundaria Torobamba I que abastece los agregados a la Empresa Constructora que construye el tramo de carretera Quinoa–Challhuamallo del Distrito de Tambo Provincia La Mar del Distrito de Ayacucho proporciona materiales que cumple con los estándares requeridos para la elaboración de asfalto.

- Los reactivos químicos utilizados para la preparación de las muestras de mezcla de asfalto, así como la cantidad de sulfato de sodio proporciona una durabilidad para el agregado fino de 3.32 %, valor menor que 15 % que exige la norma MTC E-209 y de un 3.23 % para agregado grueso que es menor que el 10 % que exige la norma para este tipo de materiales.
- En referencia a las propiedades físicas de la mezcla de asfalto, se reporta un índice de durabilidad de 73.97 % para el agregado fino, siendo este valor superior a lo que exige la norma que es de 35 % como mínimo; en cuanto a los agregados gruesos se determinó un índice de durabilidad de 41

% que es mayor que lo que exige la norma MTC E-214 de 35 % como mínimo; así mismo se determinó el índice de plasticidad para el agregado fino que ha pasado a través de las mallas N° 40; de 17.1 de límite líquido y para el agregado fino que ha pasado por la malla N° 100, quien presenta un índice de plasticidad de 15.9; con respecto al límite líquido y límite plástico, comparados con los que exige la norma MTC E-211, se determinó que las muestras obtenidas son áridos, por lo que son considerados como no plásticos (NP).

- Con respecto a los ensayos de la muestra estructural de asfalto en caliente en el laboratorio; se determinó que un 6.5 % de cemento asfáltico es el óptimo para los ensayos realizados en el presente estudio; se encontró también que la mezcla presenta un 3.5 % de vacíos en su estructura topológica; así mismo presenta una estabilidad de 945 kg; un flujo de 3.42 mm y una razón de estabilidad/flujo de 2767. Concluyendo que los indicadores encontrados fueron comparados con los valores dados en las normas utilizadas como estándar, por lo que se establece que estos valores se encuentran dentro de los rangos establecidos para este tipo de materiales para el asfalto formulado.

CONCLUSIONES

1. Se caracterizó los agregados de la cantera de Torobamba, en la que según los tamizados y su clasificaron, los materiales que serán utilizados como materia prime en la formulación de asfaltos se encuentran dentro de los estándares de calidad.
2. Se determinó las características de los materiales siguientes: para las gravas un desgaste de 21.56 % siendo del 35 % el valor máximo; se obtuvo un 91.70 % de cara fractura, siendo el mínimo de 85 %, y de 96.10 % para dos caras fracturas, siendo el mínimo del 50 %; en cuanto a la durabilidad se determinó para el material fino de 3.32 % y para el grueso de 3.23 % en ambos casos el máximo es del 15 para el primero del 10 % para el segundo respectivamente; el equivalente de arena para los agregados finos fue de 54.90 % siendo de 45 % el valor mínimo; los valores del índice de durabilidad fue de 73.97 % para el agregado fino y de 41 % para el agregado grueso, siendo del 35 % el valor mínimo por norma; con respecto al índice de plasticidad para malla N° 40 fue de 17.10 para el LL y de LP (NP), y para malla N° 200 el valor de LL fue de 15.90 y de LP (NP)
3. Se determinó experimentalmente que niveles de cemento asfaltico para la mezcla de 5.50 %, 6.0 %, 6.5 % y 7.0%, proporciona una estabilidad con rango de variación de 924 a 948.67 kg; valores de flujo con rango de variación de 2.67 a 3.57 mm; un porcentaje de vacíos en la mezcla que oscilan de 3.02 a 3.20; un VMA que varía de

15.69 % a 19.48 %; un porcentaje de vacíos llenados con cemento asfáltico que varían de 80.72 % a 83.59 %; y finalmente una razón de estabilidad/flujo que oscila de 2659.81 a 3465.00, en todos los casos los resultados obtenidos, se encuentran dentro de los rangos establecidos en los límites de Control de la Norma Marshall.

4. Se determinó que la mezcla asfáltica obtenida contiene un promedio del 6.3 % de cemento asfáltico con un coeficiente de variación de 9.0 %; un 37.01 % de grava triturada con un coeficiente de variación de 0.61%; un 54.81% de arena combinada con un coeficiente de variación de 0.61 % y 1,8 7% de Filler con un coeficiente de variación de 0.01%; que comparados con la norma Marshall, los resultados se encuentran dentro los límites de control, así mismo sus coeficientes de variación tienen la tendencia de ser homogéneos.
5. Se determinó las características óptimas de mezcla de asfalto al utilizar un 6.5% de cemento asfáltico, ellos son: una estabilidad óptima de 944 kg; un flujo de 3.53; un porcentaje de vacíos de 3.36 %; un peso unitario de 2.34; un porcentaje de llenados con cemento asfáltico de 81.74 % y una relación de estabilidad/flujo de 2813.21, valores obtenidos que se encuentran dentro del rango establecidos por la norma, en conclusión final el material asfáltico obtenido tienen como característica importante una elasticidad que garantiza durabilidad de la carretera y una fricción apropiada para el rodamiento de las unidades de transporte a una altura de más de 3000 m.s.n.m.

RECOMENDACIONES

- 1) Se debe tener cuidado con la producción de los agregados y realizar los ensayos de producción a diario para que no varíe las características de los materiales producción, para que sean homogéneas y consistentes desde la explotación de cantera, transporte, chancadora primaria y la chancadora secundaria, acopiando en un solo lugar toda la producción.
- 2) Se debe tener mucho cuidado al realizar el muestreo de los agregados , para ello se recomienda realizarlo directamente desde la faja de la chancadora con una mantada, de esta manera se tendrá resultados más representativo que del acopiado.
- 3) Es necesario realizar pruebas a través de un tramo antes de la construcción definitiva, el propósito de este tramo de prueba es analizar la futura efectividad de la mezcla asfáltica y realizar correcciones oportunas y adecuadas.
- 4) Es importante y necesario que el suelo donde se va a aplicar la mezcla asfáltica debe de estar totalmente seca, y sin agrietamientos ni fisuras.
- 5) Se recomienda estudiar el comportamiento de este tipo de asfaltos en zonas de altas precipitaciones y altitudes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. M.I Abel Ordoñez Huamán & Silene Minaya Gonzales (2005). **Diseño, Construcción y Supervisión de Proyectos en Mezclas Asfálticas en Caliente**. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.
2. Biblioteca de Ciencias (2010). Conocimientos Básicos sobre la Base de Datos de las Normas ASTM (American Society for Testing and Materials). Universidad de Alicante. España
3. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, (2013). **Manual de carreteras**. Perú.
4. M.I Abel Ordoñez Huamán & Silene Minaya Gonzales (2001). **Manual de Laboratorio para Pavimentos Volumen I**. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.
5. INSTITUTO DE CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA, (2013). **Manual de la Construcción ICG**. Perú
6. PRINCIPIOS DE CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE (2010) Capítulo 3 del Asphalt Institute, Colombia.
7. Ing. Rafael Menéndez Acurio (2007). Diseño del Pavimiento del Tramo 1 del Corredor Vial Interoceanico Sur Perú-Brasil, V Congreso Internacional de Mezclas Asfálticas en Caliente (Perú).
8. Ing. Alejandro Padilla Rodriguez (2008). Control de Calidad de Mezclas Asfálticas en Caliente y en Frio. BRASIL.
9. MI Ana María Ochoa Jaramillo 2010. Control de Mezclas Asfálticas de Colombia.

Cibergrafia

1. <http://es.wikipedia.org/wiki/Asfalto>
2. <http://www.misrespuestas.com/que-es-el-asfalto.html>
3. www.repsol.com.pe
4. http://www.acaceres.addr.com/student_access/Asphalt.pdf

GLOSARIO

ANEXOS.

GLOSARIO

ABRASION: Desgaste mecánico de agregados gruesos y rocas resultante de la fricción o impacto dentro de la maquina denominada LOS ANGELES, la que rota alrededor de su eje.

ABRASION (pista húmeda (WTAT)): Procedimiento de ensayo para determinar las pérdidas de peso para muestra de lechada asfáltica al someterlo a desgaste.

ABSORCION: Agua que es retenida en el suelo o roca, después de 24 h.

ADHESION: Resistencia al corte entre el suelo y otro material cuando la presión que se aplica externamente es cero.

ADHESIVIDAD: (de los ligantes bituminosos a los áridos finos) En base al procedimiento Riedel Weber se determina la adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos.

AGREGADO: Un material granular duro de composición mineralógica, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

AGREGADO ANGULAR: Son aquellos que poseen bordes bien definidos formados por la intersección de caras planas rugosas.

AGREGADO BIEN GRADADO: Agregado cuya gradación va desde el tamaño máximo hasta el de un relleno mineral con el objeto de obtener una mezcla bituminosa con un contenido de vacíos controlado y alta estabilidad.

AGREGADO DE GRADACION ABIERTA: Agregado que contiene poco o ningún relleno mineral, y donde los espacios de vacíos en el agregado compactado son relativamente grandes.

AGREGADO DE GRADACION FINA: Agregado cuya gradación es continúa desde tamaños gruesos hasta tamaños finos, y donde predominan estas últimas

AGREGADO DE GRADACION GRUESA: Agregado cuya gradación es continúa desde tamaños gruesos hasta tamaños finos, y donde predominan los tamaños gruesos.

AGREGADO FINO: Agregado que pasa el tamiz de 6.4 mm (N°4).

AGREGADO GRUESO: Agregado retenido en el tamiz de 6.4 mm (N°4).

AHUELLAMIENTO: Surcos que pueden desarrollarse sobre un pavimento en las huellas de las ruedas. Los ahuellamientos pueden ser el resultado de una consolidación o movimiento lateral de una o más capas del pavimento bajo efectos del tránsito, o pueden ser generados por un desplazamiento de la superficie misma del pavimento. Pueden ocurrir en pavimentos asfálticos nuevos que han tenido muy poca compactación durante su construcción, o como resultado del movimiento plástico de una mezcla que tiene muy poca estabilidad para resistir el movimiento vehicular.

ALMACENAMIENTO (estabilidad): Ensayo que sirve para determinar si ha habido un asentamiento en el almacenamiento de un asfalto modificado.

ALUVIAL (aluvional): Suelo que ha sido transportado en suspensión por el agua y luego depositado sedimentándose.

ANALISIS MECANICO: Sirve para determinar la granulometría en un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

ANGULO DE FRICCION EXTERNA: (ángulo de la fricción con una pared o muro), entre la abscisa y la tangente de la curva que representa la relación de la resistencia al corte entre el esfuerzo normal que actúa entre el suelo y la superficie a otro material.

<p>Nota: Se recomienda consultar un texto de Mecánica de Suelos.</p>

ANGULO DE FRICCION INTERNA ó ROZAMIENTO INTERNO (grados): (ángulo de resistencia al corte), es aquel que se produce entre la tensión

normal y la tangente de la envoltura del círculo de MOHR, en el punto que representa una condición de falla en un material sólido.

Nota: Se recomienda consultar un texto de Mecánica de Suelos.

ANGULO DE REPOSO, α (grados): El que se produce entre lo horizontal y el talud máximo que el suelo asume a través de un proceso natural

Nota: Se recomienda consultar un texto de Mecánica de Suelos.

APARATO A VAPOR: Se utiliza para determinar la estabilidad de volumen (método del agua hirviendo por el procedimiento de las "galletas").

ARENA MOVEDIZA (quicksana): Condición según lo cual el agua fluye hacia arriba con velocidad suficientemente como para reducir significativamente la capacidad de soporte del suelo con un decrecimiento de su presión intergranular.

ASFALTENOS: La fracción de hidrocarburo de alto peso molecular, en el asfalto, que es precipitada por medio de un solvente parafínico de nafta, usando una proporción específica de solvente-asfalto.

ASFALTO: Un material cementante, entre carmelita oscuro y negro, en el cual los constituyentes predominantes son bitúmenes que aparecen en la naturaleza o se obtienen en el procesamiento del petróleo. El asfalto es un constituyente, en proporciones variables, de la mayoría de los petróleos crudos.

ASFALTO DE CURADO LENTO (SC): Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y aceites de baja volatilidad.

ASFALTO DE CURADO MEDIO (MC): Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y un diluyente tipo Kerosene de volatilidad media.

ASFALTO DE CURADO RAPIDO (RC): Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y un diluyente tipo nafta o gasolina de alta volatilidad.

ASFALTO DILUIDO: Cemento asfáltico que ha sido licuado al mezclarlo con solventes de petróleo (también llamados diluyentes), en lo que se refiere a los asfaltos diluidos RC y MC. Los diluyentes se evaporan una vez expuestos a las condiciones atmosféricas, permitiendo así que el cemento asfáltico realice su función.

ASFALTO EMULSIONADO (EMULSIÓN ASFALTICA): Una emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene una pequeña cantidad de un agente emulsionante. Es un sistema heterogéneo que normalmente contiene dos fases inmiscibles (asfalto y agua) en donde el agua forma la fase continua de la emulsión, y pequeños glóbulos de asfalto forman la fase discontinua. La emulsión de asfalto pueden ser de tipo aniónico (glóbulos cargados negativamente) o cationico (glóbulos cargados positivamente), dependiendo del agente emulsificante.

ASFALTO EN PELICULA DELGADA: Ensayo que permite determinar el efecto del calor y del aire sobre una película de materiales asfálticos semi-sólidos (TFOT). También se puede hacer en horno rotatorio.

ASFALTO NATURAL: Asfalto que ocurre en la naturaleza y que ha sido derivado del petróleo por procesos naturales de evaporación de las fracciones volátiles, dejando así las fracciones asfálticas. Los asfaltos naturales de mayor importancia se encuentran en los depósitos de los lagos de Trinidad y Bermúdez. El asfalto de estas fuentes es comúnmente llamado asfalto de lago. En el Perú, existen importantes yacimientos de asfaltos naturales.

ASFALTOS DE ROCA: Roca porosa, tal como la arenisca o la caliza, que ha sido impregnada con asfalto natural mediante un proceso geológico.

AUTOCLAVE: Aparato que se usa para determinar la expansión potencial de un cemento.

BANCO DE GRAVA: Material que se encuentra en depósitos naturales y usualmente mezclada en mayor ó menor cantidad con material fino, como la

arena o la arcilla, resultando en diferentes combinaciones; por ejemplo arcilla gravosa, arena gravosa, grava arcillosa, grava arenosa, etc.

BAÑO DE AGUA: Elemento (baño) provisto de termostato.

BARRENO: Instrumento en forma de espiral, con un elemento helicoidal.

BITUMEN: Un tipo de substancia cementante de color negro u oscuro (sólida, semi-sólida, o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas (o alquitranes), los betunes y las asfaltitas.

BLAINE (finura): Que corresponde a un material pulverulento, como un cemento y/o puzolana y que se expresa como área superficial en cm^2 /gramo.

BOLONERIA: Fragmento rocoso, usualmente redondeadas por el intemperismo o la abrasión, con una dimensión promedio de más de 12" (305 mm).

CAL- Oxido de calcio CaO :Adopta la denominación de cal rápida e hidratada, según su proceso de producción.

CALICATA (Perforación): Que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

CANTABRO (ensayo): Procedimiento para determinar la pérdida por desgaste de una probeta de ensayo elaborado con mezcla asfáltica.

CANTO RODADO: Partícula de roca redondeada o semi-redondeada que pasa la zaranda de 3" y son retenidas en la malla N° 4.

CAPA ASFALTICA DE FRICCION DE GRADACION ABIERTA: Una capa superficial de pavimento que consiste de una mezcla de planta con muchos vacíos, y que permite el drenaje rápido de aguas de lluvia a través de la capa y hacia la berma. La mezcla se caracteriza por un alto porcentaje de

agregado grueso de un solo tamaño. Este tipo de capa evita el hidroneo, y proporciona una superficie resistente al desgaste.

CAPA ASFALTICA DE NIVELACION: Una capa (mezcla de asfalto y agregado) de espesor variable usada para eliminar irregularidades en el contorno de una superficie existente, antes de un tratamiento o de una construcción.

CAPA DE BASE: La capa de material que se encuentra inmediatamente debajo de la capa superficial o la capa intermedia (binder). Puede estar compuesta de roca triturada, grava y arena triturada, o cualquier combinación de estos materiales. También puede estar confinada con asfalto.

CARBURO DE CALCIO: Material utilizado en instrumentos destinados a medir el porcentaje (%) de humedad de suelos, materiales, etc., en forma rápida y muy aproximada.

CBR (California Bearing Ratio): Valor soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

CEMENTO ASFALTICO: Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad y consistencia para ser usado directamente en la producción de pavimentos asfálticos.

CHANCADO (Triturado): La porción total sin tamizar que resulta de un triturador de piedra.

COHESION: La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal.

COHESION (aparente): En suelos granulares debido a fuerzas de capilaridad.

COLOIDALES (partículas): Tamaño tan pequeños que ejercen una actividad superficial apreciable sobre las propiedades del agregado.

COMPACTACION: Densificación de un suelo por medio de una manipulación mecánica.

COMPRESION: Acción de comprimir un material aplicando una carga que puede ser axial, existiendo variantes en ensayos como: no confinada, triaxial y entre estos el ensayo consolidado no drenado; el ensayo drenado, el ensayo no consolidado no drenado y que sirven para medir el ángulo de fricción interna (ϕ); la cohesión (c), cuyos valores se emplean en análisis de estabilidad en estructuras (fundaciones), cortes, taludes, muros de contención, etc.

COMPRESION NO CONFINADA: Procedimiento para determinar la resistencia al corte de un suelo.

CONSISTENCIA: Relativa facilidad con que el suelo puede fluir y deformarse.

CONSOLIDACION: Reducción gradual en volumen de un suelo, como resultado de un incremento de las tensiones de compresión.

Puede haber:

Consolidación Inicial (compresión inicial)

Consolidación Primaria.

Consolidación Secundaria.

CONSOLIDACION (ensayo): Es una prueba en la cual el espécimen está lateralmente confinado en una arcilla y es comprimido entre dos superficies porosas.

CONTRACCION: Esfuerzo lineal asociado con un decrecimiento en longitud.

CONTRACCION (factores): Parámetros relativos a cambios de volumen de un suelo.

CORTE (directo): Ensayo según el cual un suelo sometido a una carga normal falla al moverse una sección con respecto a otra.

CUARTEO: Procedimiento de reducción del tamaño de una muestra.

DEMULSIBILIDAD (emulsiones): procedimiento para el ensayo de estabilidad de las emulsiones asfálticas aniónicas y cationicas de rotura rápida.

DENSIDAD EN EL SITO (in situ): Procedimiento para determinar el peso unitario de los suelos en el terreno.

DUREZA BRINELL: Ensayo para determinar la resistencia a la penetración de una esfera dura dentro de la superficie.

ELASTICIDAD: Propiedad del material que hace que retorne a su forma original después que la fuerza aplicada se mueve o cesa.

EMULSIFICANTE: Sustancia que modifica la tensión superficial de gotas microscópicas (coloides).

ENSAYO DE LA MANCHA (Oliensis): Procedimiento que permite comprobar si un asfalto ha sufrido un recalentamiento en su proceso de obtención.

ENSAYO MARSHALL: Procedimiento para obtener diferentes parámetros de calidad de una mezcla bituminosa.

EQUIVALENTE DE ARENA: Determinación del contenido de polvo fino nocivo (sucio) en un material ó medidor de la cantidad de limo y arcilla según el ensayo respectivo.

ESTABILIDAD: La habilidad de una mezcla asfáltica de pavimentación de resistir deformación bajo las cargas impuestas. La estabilidad es una función de la cohesión y la fricción interna del material.

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO: Una estructura de pavimento con todas sus capas compuestas de mezclas de asfalto y agregado, o con una combinación de capas de asfalto y capas de agregado sin tratar, colocadas sobre una subrasante tratada o sin tratar.

EXTRACCION (cuantitativa) del asfalto: Sirve para determinar el porcentaje (%) de bitumen de una mezcla asfáltica.

FINOS: Porción de suelo más fino que la malla N° 200.

GRADOS DE PENETRACION: En los cementos asfálticos es un sistema de clasificación basado en la penetración a una temperatura de 25°C. Existen cinco grados patrones de clasificación: 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 y 200-300.

GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO: Determina el Peso Específico de un suelo con el Picnómetro, siendo la relación entre el peso en el aire de un cierto volumen de sólidas a una temperatura dada.

GRAVEDAD ESPECIFICA (agregado grueso): (Gr, Sp) =
$$\frac{\text{Peso}}{\text{VolumenAparente}}$$

Tipos:

a) Gravedad Específica Aparente =
$$\frac{\text{Peso}}{\text{VolumenAparente}}$$

b) Gravedad Específica Nominal =
$$\frac{\text{Peso}}{\text{VolumenNominal}}$$

Significa lo anterior que para (a), será necesario calcular el volumen aparente que está dado por los vacíos accesibles al agua y que para (b), hay que excluir aquellos vacíos.

GRIETA (crack): Pequeña fractura que es pequeña con respecto a la dimensión del área en la cual cierre.

HIDRATACION: Formación de un compuesto por combinación de agua en otras sustancias.

HORIZONTE (suelo): Una de las capas de un perfil de suelos.

HUMEDAD: Porcentaje de agua en suelo o material

INDICE DE FORMA (agregados): Permite medir las características de forma y textura.

INERTE: Que no participa en alguna forma en una reacción química.

LIMITE LIQUIDO: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

LÍMITE PLASTICO: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semi-sólido

MALLA: La abertura cuadrada de un tamiz.

MATERIA ORGANICA (suelos): Elementos perjudiciales en un suelo o material: turba, raíces, etc.

METODOS NUCLEARES: Determinación de densidades en los terraplenes, bases y superficies, utilizando procedimientos nucleares. Asimismo para determinación de humedad.

MISCIBILIDAD (con agua): Fenómeno de coagulación cuando se diluye la emulsión en agua.

MODULO DE FINURA: Un número empírico que se obtiene sumando los porcentajes retenidos en cada una de las mallas que se indican más abajo y luego dividiendo el resultado entre 100.

MODULO RESILIENTE (suelos): Procedimiento para medir el módulo elástico dinámico (resiliencia) en un suelo.

MUESTRAS DE CAMPO: Materiales obtenido de un yacimiento, de un horizonte de suelo y que se reduce a tamaños, cantidades representativos y más pequeñas según procedimientos establecidos.

MUESTREADORES: Instrumentos que permiten obtener muestras, existiendo: los muestreadores de pistón y los de tubo abierto. Los primeros son los mejores.

MUESTREO: Investigación de suelos, materiales, etc., con la finalidad de su mejor empleo y utilización.

MU METER: Aparato similar a un remolque que se utiliza para determinar la fuerza en fracción lateral sobre superficies pavimentadas.

PAVIMENTO (drenante): Determinado tipo de mezcla asfáltica elaborado con predominio de piedras sobre arena.

PERMEABILIDAD: Capacidad de la roca de conducir un líquido o un gas.

PESO ESPECIFICO (productos asfálticos): Sólidos y semisólidos. Relación del peso de un volumen dado de material a 25°C y el peso de un volumen aquel de agua a la temperatura indicada.

PESO ESPECIFICO (suelo): Relación $\frac{\text{Peso en el aire}}{\text{Volumen de solidos}}$

PICNOMETRO: Recipiente de vidrio, forma cilíndrica o cónica.

POROSIDAD - RELACION: Entre el volumen de vacíos del agregado dentro d los intersticios de la roca y el volumen total.

RECUPERACIÓN (elástica): Sirve para determinar el grado de elasticidad de los asfaltos modificados.

RELACIONES HUMEDAD/DENSIDAD (Proctor): Humedad vs. P.U. de suelos compactados.

RELLENO MINERAL: Un producto mineral finamente dividido en donde más del 70 por ciento pasa el tamiz de 0.075 mm (N° 200). La caliza pulverizada constituye el relleno mineral fabricado más común. También se usan otros polvos de roca, cal hidratada, cemento Portland, y ciertos depósitos naturales de material fino.

RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO: Es la habilidad de una superficie asfáltica de pavimento, particularmente cuando esta mojado, para resistir el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos. Los factores que conducen a una alta resistencia al deslizamiento son generalmente los mismos que conducen a una alta estabilidad. Entre los factores que más contribuyen esta un apropiado contenido de asfalto en la mezcla y una textura superficial rugosa del agregado. El agregado, en particular, también debe ser capaz de resistir el pulimento. Los agregados que contienen minerales que no pueden ser pulidos, y con diferentes características de

desgaste y abrasión, proporcionan una continua regeneración de la textura del pavimento y, por lo tanto, mantienen una superficie resistente al deslizamiento.

SALES SOLUBLES (en agregados de pavimentos flexibles):

Procedimiento para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados.

SECADOR: Un aparato que seca los agregados y los calienta a la temperatura especificada.

SEDIMENTACION (de emulsiones): Valora el asentamiento que se produce durante el almacenamiento de las emulsiones asfálticas.

SOLUBILIDAD: Una medida de la pureza de un cemento asfáltico. La porción del cemento asfáltico que es soluble en un solvente específico tal como el tricloroetileno.

La materia inerte, tal como las sales, el carbón libre, o los contaminantes inorgánicos, es insoluble.

STOKE: Una unidad de viscosidad cinemática, igual a la viscosidad de un fluido en poises dividida por la densidad del fluido en gramos por centímetro cúbico.

SUB-BASE: La capa de una estructura de pavimento asfáltico que se encuentra inmediatamente debajo de la capa de base. Si el suelo de subrasante es adecuado, puede servir como capa de sub-base.

SUBRASANTE: El suelo preparado para sostener una estructura o un sistema de pavimento. Es la fundación de la estructura del pavimento. El suelo de subrasante es llamado a veces suelo de fundación.

SUBRASANTE MEJORADA: Subrasante mejorada como plataforma de trabajo mediante (1) el uso de materiales granulares o estabilizantes como el asfalto, la cal, o el cemento Portland, o (2) el uso de cualquier capa o capas

de material seleccionado o mejorado y colocado directamente sobre el suelo de subrasante existente.

SUELOS INALTERADOS (No disturbados): Generalmente son cohesivos que conservan su estructura y humedad.

TAMIZ: Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

TESTIGO: Una muestra cilíndrica de concreto endurecido, de mezcla bituminosa compactada y endurecido usualmente obtenida por medio de una broca diamantina de una máquina extractora.

TOLERANCIAS DE ENTREGA: Variaciones permitidas en las proporciones exactas de asfalto y agregado que se descargan en el amasadero.

TOLVAS DE ALMACENAMIENTO DE AGREGADO: Tolvas que almacenan los tamaños necesarios de agregado y los alimentan al secador en las mismas proporciones requeridas por la mezcla final.

TOLVAS DE ALMACENAMIENTO DE AGREGADO CALIENTE: Tolvas que almacenan los agregados calientes ya separados antes de su proporcionamiento final en el mezclador.

TORONES: Elementos constitutivos de los cables de acero.

TRABAJABILIDAD: La facilidad con que las mezclas de pavimentación pueden ser colocadas y compactadas.

VACIOS: Espacios en una mezcla compactada rodeados de partículas cubiertas de asfalto.

VELETA: Instrumento para determinar la resistencia al corte de un suelo, puede ser en el campo o en laboratorio. Es como una varilla que termina en aspas al extremo, la cual es forzada dentro del suelo ofreciendo una resistencia a la rotación.

VISCOSIDAD: Es una medida de la resistencia al flujo. Es un método usado para medir la consistencia del asfalto.

VISCOSIDAD ABSOLUTA: Método usado para medir viscosidad usando el poise como la unidad de medida. Este método hace uso de un vacío parcial para inducir flujo en el viscosímetro.

VISCOSIDAD CINEMATICA: Método usado para medir viscosidad, usando el stoke como la unidad de medida.

VISCOSIMETRO: Aparato (Tubo capilar) de vidrio adecuado para el ensayo a viscosidad capilar de vacío, cuando se requiere este ensayo.

VISCOSIMETRO SAYBOLT: Aparato que se utiliza para determinar la Viscosidad Saybolt.

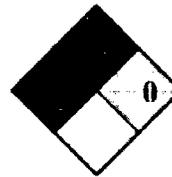
VOLUMEN DE VACIOS: Cantidad total de espacios vacíos en una mezcla compactada.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: **CAL HIDRATADA**
 Fecha de Revisión: Febrero 2014. Revisión N°3



ONU.
UN:3262



NFPA



HMIS

SECCION 1 IDENTIFICACION DE PRODUCTO Y DE LA COMPANIA

PRODUCTO

Nombre Químico: Hidróxido de calcio
Número CAS: N/A
Sinónimos: CAL CAUSTICA, CAL APAGADA.

COMPAÑÍA: GTM

Teléfonos de Emergencia

México : +55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00
 Guatemala: +502 6628 5858
 El Salvador: +503 2251 7700
 Honduras: +504 2540 2520
 Nicaragua: +505 2269 0361 – Toxicología MINSAs: +505 22897395
 Costa Rica: +506 2537 0010 – Emergencias 9-1-1. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
 Panamá: +507 512 6182 – Emergencias 9-1-1
 Colombia: +018000 916012 Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
 Perú: +511 614 65 00
 Ecuador: +593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
 República Dominicana +809 682 2000
 Argentina +54 115 031 1774

SECCION 2 COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

HIDROXIDO DE CALCIO	CAS: 1305-62-0	Concentración min 90%
HIDROXIDO MAGNESICO	CAS: 1309-42-8	
OXIDO CALCICO	CAS: 1305-78-8	

SECCION 3 IDENTIFICACION DE PESTICIDAS

Clasificación ONU: Clase 3 Corrosivo
Clasificación NFPA: Salud: 3 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 0
Clasificación HMIS: Salud: *3 Inflamabilidad: 0 Físico: 0

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Riesgos para la Salud: Corrosivo, causa quemaduras intensas, tóxico, nocivo por inhalación. (Sílice Cristalina).

Seguridad: Esta MSDS cubre muchos tipos de cal Hidratada, los componentes peligrosos varían de un tipo de cal a otro.

La Cal hidratada es un polvo granular, blanco o gris, inodoro. No es combustible ni explosivo. Una sola exposición por corto tiempo al polvo seco presenta poco o ningún peligro. Una exposición lo suficientemente larga a la cal hidratada puede causar daño grave y potencialmente irreversible en los tejidos (piel, ojos, vías respiratorias) debido a quemaduras químicas (cáusticas), incluidas quemaduras de tercer grado.

Contacto Ocular: El polvo aéreo puede causar irritación o inflamación inmediata o demorada. El contacto ocular con grandes cantidades de polvo seco o con cal hidratada húmeda puede causar irritación ocular moderada, quemaduras químicas o ceguera. Las exposiciones oculares requieren primeros auxilios y en caso de que persista la irritación buscar atención médica para evitar daños importantes en el ojo.

Contacto Dérmico: puede causar piel seca, molestias, irritación y quemaduras intensas. Acudir al médico si persiste la irritación.

Inhalación: Puede causar irritación en la nariz, garganta, o los pulmones e incluso asfixia, según el grado de exposición. La inhalación de altas concentraciones de polvo puede causar quemaduras químicas.

Este producto contiene sílice cristalina, la inhalación prolongada o repetida a la sílice cristalina respirable de este producto puede causar silicosis. Buscar atención médica.

Afecciones Médicas: Las personas afectadas por enfermedad pulmonar (Bronquitis, enfisema, enfermedad pulmonar obstructiva crónica) pueden empeorar debido a la exposición.

Ingestión: No ingerir cal hidratada, aunque no conste que la ingestión de pequeñas cantidades de cal hidratada sea nociva, grandes cantidades pueden causar quemaduras químicas en la boca, garganta, estómago y el tracto digestivo. Buscar atención médica.

Efectos Medioambientales: Producto no biodegradable. Se supone peligroso para el medio ambiente.

SECCIÓN 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto Ocular: Enjuagar los ojos meticulosamente con agua durante al menos 15 minutos, incluso debajo de los párpados, para eliminar todas las partículas. Obtener atención médica inmediata para abrasiones y quemaduras.

Contacto Dérmico: Lavar la piel con agua fresca y un jabón de pH Neutro o un detergente suave para la piel. Obtener atención médica para erupciones, irritación y exposiciones desprotegidas prolongadas a cal hidratada húmeda, cemento, mezclas de cemento o líquidos que provienen del cemento húmedo.

Inhalación: Llevar al paciente al aire fresco. Buscar atención médica si hay molestias o tos, o si los otros síntomas no desaparecen.

Ingestión: No inducir al vómito. Si el paciente no ha perdido el conocimiento, hacerle a beber una cantidad abundante de agua. Buscar atención médica o ponerse en contacto con el centro de intoxicaciones inmediatamente.

Nota para el Médico: los tres tipos de silicosis incluyen:

- Silicosis crónica simple (exposición mayor a 20 años), se caracteriza por falta de aliento y parecerse a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
- Silicosis Acelerada (exposición de 5 a 15 años).
- Silicosis Aguda (exposición a corto plazo a cantidades muy grandes de sílice cristalina respirable), se caracteriza por que los pulmones se inflan mucho y pueden llenarse de fluido, causando una intensa falta de aliento y bajas concentraciones de oxígeno en la sangre.
Puede presentarse una fibrosis masiva progresiva en la silicosis simple o acelerada pero es más común en la forma acelerada.

SECCIÓN 5: MEDIDAS PARA EXTINGCIÓN DE INCENDIOS

Medios de Extinción: Usar medios de extinción apropiados para el fuego circundante como espuma, polvo químico. No es combustible.

Precauciones Especiales: Utilizar vestimenta adecuada. No emplear agua a presión. No representa ningún peligro asociado con incendios. Usar equipo autónomo para limitar exposiciones a productos combustibles al combatir cualquier incendio.

Productos de Combustión: Ninguno

Peligro General: No respirar el polvo, la cal hidratada es cáustica.

SECCION 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

- Precauciones Personales:** Evitar el contacto con la piel y los ojos. Llevar equipo de protección adecuado. Usar guante de caucho nitrilo.
- Precauciones Ambientales:** Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales y subterráneas, así como del suelo.
- Métodos de Limpieza** Colocar el material derramado en un recipiente. Evitar acciones que permitan que el aire levante la cal hidratada. Usar los EPP descritos más adelante. Raspar para juntar la cal hidratada húmeda y colocarla en un recipiente. Permitir que el material se seque o se solidifique antes de eliminarlo.
- Otra Información:** No verter cal hidratada a sistemas de drenaje, ni en cuerpos de agua.

SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

- Manipulación:** Mantener seca la cal hidratada a granel y en bolsas hasta que se utilice. Apilar el material en bolsas de manera segura para evitar caídas. Movilizar la carga de manera segura y usar las medidas de control apropiadas.
- Para evitar problemas de asfixia no entrar en un espacio cerrado como un silo, tolva o camión cerrado de transporte o cualquier otro contenedor que contenga cal hidratada.
- Almacenamiento:** Almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado. No almacenar cerca de materiales incompatibles. Mantener lejos de la humedad. No almacenar ni enviar en recipientes de aluminio.
- Materiales Recomendados:** para la limpieza evitar acciones que permitan que el aire levante cal hidratada, como barrer en seco o usar aire comprimido.

SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

- Controles Técnicos:** usar escape local o ventilación por dilución general u otros métodos de supresión para mantener concentraciones de polvo por debajo de los límites de exposición.
- Medidas de protección - EPP:**
- **Ojos:** Usar gafas de protección total aprobadas por ANSI; no se recomienda usar lentes de contacto en condiciones polvorientas.
 - **Piel:** Utilizar guantes impermeables de caucho o nitrilo para evitar el contacto con la piel. Ropa protectora impermeable al agua. Quitarse la ropa y los EPP corporales que se saturan de cal hidratada.

- **Respiratoria:** En condiciones normales no se requiere protección respiratoria. Usar equipos aprobados por NIOSH que este ajustado correctamente.

SECCION 9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Estado físico:	Sólido (Polvo).
Aspecto:	Polvo blanco o gris.
Olor:	Ninguno.
pH en Agua:	12 – 13 a 25C
Punto de Inflamación:	Ninguno
Auto inflamabilidad:	N/A
Presión de Vapor:	N/A
Densidad de Vapor:	N/A
Solubilidad en Agua:	Insignificante
Punto de Ebullición:	> 1000 grados centígrados.
Viscosidad:	Ninguna – Sólida.
Peso específico:	2.34

SECCION 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química:	Estable pero reacciona lentamente con dióxido de carbono para formar carbonato cálcico o magnésico. Mantener el producto seco hasta que se use. La cal hidratada puede reaccionar con el agua, provocando una pequeña liberación de calor, según la cantidad de cal (óxido cálcico) presente. Evitar el contacto con materiales incompatibles.
Incompatibilidad:	La cal hidratada y el cemento húmedos son alcalinos y son incompatibles con ácidos, sales amónicas, y metal alumínico. La cal hidratada y el cemento se disuelven en ácido fluorhídrico, produciendo gas de tetrafluoruro de silicio corrosivo. . La cal hidratada y el cemento reaccionan con el agua para formar silicatos e hidróxido cálcico. Los silicatos reaccionan con oxidantes potentes como flúor, trifluoruro de boro, trifluoruro de manganeso y difluoruro de oxígeno.
Polimerización peligrosa:	Ninguna.
Productos de Descomposición Peligrosa:	La cal hidratada se descompone a 540 grados centígrados, para producir óxido cálcico (cal viva), óxido magnésico y agua.

SECCION 12 - INFORMACION TOXICOLOGICA Y ECOLOGICA

COMPONENTE	PORCENTAJE POR PESO	NÚMERO CAS	OSHA - PEL - TWA (mg/m3)	ACGIH TLV - TWA (mg/m3)	DL 50 (ratón)	CL 50
HIDRÓXIDO CÁLCICO	50 - 95	1305-62-0	15 (T); 5 R	5 (T)	7300 mg/kg, oral	NA
HIDRÓXIDO MANGNÉSICO	0 - 50	1309-42-8	NA	NA	8500 mg/kg, oral	NA
ÓXIDO CÁLCICO	0 - 5	1305-78-8	5 (T)	2 (T)	3059 mg/kg, intraperitoneal	NA
ÓXIDO MAGNÉSICO	0 - 5	1309-48-4	15 (T)	10 (T)	NA	NA
CARBONATO CÁLCICO*	0 - 3	1317-65-3	15 (T); 5 R	10 (T)	NA	NA
SÍLICE CRISTALINA	0 - 1	14808-60-7	[[{10} / %SiO ₂ + 2]] (r); [[{30} / %SiO ₂ + 2]] (T)	0,025 R	NA	NA

SECCION 13 - CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Eliminación del Producto: Si la recuperación no es posible, la eliminación debe efectuarse en incineradores controlados y de acuerdo con la legislación vigente.

SECCION 14 - INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Nombre para Transporte: Cal Hidratada
 Clase UN: 8
 Numero UN: 3262

SECCION 15 - INFORMACION REGLAMENTARIA

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de:

México: NOM-018-ST5-2000

Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441

Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. STSS-053-04

Costa Rica: Decreto N° 28113-S

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

Colombia: NTC 445 22 de Julio de 1998

Ecuador: NTE INEN 2 266:200

SECCION 6 INFORMACION ADICIONAL

Clasificación HMIS III: (Aplicable para usuarios que manipulen directamente el producto)

HMIS		0-PELIGRO MÍNIMO	
Nombre del Producto		1-PELIGRO LEVE	
SALUD	Calor en el cuerpo	2-PELIGRO MODERADO	
INFLAMABILIDAD	Algunos materiales	3-PELIGRO SERIO	
PROTECCIÓN PERSONAL	Algunos materiales	4-PELIGRO GRAVE	

La información indicada en ésta Hoja de Seguridad fue recopilada y respaldada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores. La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intencionada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

CONTROL DE REVISIONES Y CAMBIOS DE VERSIÓN:

Febrero 2014. Se actualizan las secciones 1, 15 y 16.

Identificación de la sustancia/preparado y de la sociedad o empresa

1.1 Identificación de la sustancia o del preparado

Denominación:

Tricloroetileno, *estabilizado con etanol

1.2 Sinónimo:

1,1,2-Tricloroetileno, Etileno Tricloruro, Etinilo Tricloruro, Tricloroeteno

1.3 Uso de la sustancia o preparado:

Usos: para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.

1.4 Identificación de la sociedad o empresa:

CONTROL TÉCNICO Y REPRESENTACIONES, S.A. DE C.V.

Av. Lincoln No. 3410 Pte. Col. Mitrás Norte

www.ctr.com.mx

Tels. (81) 8158 0600, 8158 0628, 8158 0633

e-mail: ctrscientific@infosel.net.mx

Apdo. Postal 044-C Monterrey N.L. C.P. 64320, México

2. Identificación de los peligros

Clasificación de la sustancia o de la mezcla.

Pictogramas de peligrosidad



Palabra de advertencia

Peligro

Frases de peligro

Puede provocar cáncer <indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que el peligro no se produce por ninguna otra vía>.

Provoca irritación ocular grave.

Provoca irritación cutánea.

Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Puede provocar somnolencia o vértigo.

Se sospecha que provoca defectos genéticos <Indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que el peligro no se produce por ninguna otra vía>.

Frases de precaución

Pedir instrucciones especiales antes del uso.

No manipular la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las instrucciones de seguridad.

Evitar respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.

Lavarse...concienzudamente tras la manipulación.

Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD TRICLOROETILENO

Evitar su liberación al medio ambiente.

3. Composición/Información de los componentes

Denominación: Tricloroetileno, *estabilizado con etanol

Fórmula: Cl_2CClCH M.= 131,39

4. Primeros auxilios

4.1 Indicaciones generales:

En caso de pérdida del conocimiento nunca dar a beber ni provocar el vómito.

4.2 Inhalación:

Trasladar a la persona al aire libre. En caso de asfixia proceder a la respiración artificial. Aflojar las prendas de vestir para liberar las vías respiratorias.

4.3 Contacto con la piel:

Lavar abundantemente con agua. Quitarse las ropas contaminadas.

4.4 Ojos:

Lavar con agua abundante (mínimo durante 15 minutos), manteniendo los párpados abiertos. Pedir atención médica.

4.5 Ingestión:

Precaución al vomitar (existe riesgo de aspiración). Laxantes: sulfato sódico (1 cucharada sopera en 250 ml de agua). Administrar aceite de vaselina como laxante (3 ml/kg). Administrar solución de carbón activo de uso médico. No administrar aceite de ricino. No beber leche. No beber alcohol étílico. Pedir atención médica.

5. Medidas de lucha contra incendio

5.1 Medios de extinción adecuados:

Los apropiados al entorno.

5.2 Medios de extinción que NO deben utilizarse:

5.3 Riesgos especiales:

Incombustible. Los vapores son más pesados que el aire, por lo que pueden desplazarse a nivel del suelo. Puede formar mezclas explosivas con aire. En caso de incendio pueden formarse vapores tóxicos de HCl , Cl_2 , COCl_2 . Precipitar los vapores formados con agua. Refrigerar los recipientes con agua.

5.4 Equipos de protección:

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones individuales:

No inhalar los vapores.

6.2 Precauciones para la protección del medio ambiente:

No permitir el paso al sistema de desagües. Evitar la contaminación del suelo, aguas y desagües.

6.3 Métodos de recogida/limpieza:

Recoger con materiales absorbentes o en su defecto arena o tierra secas y depositar en contenedores para residuos para su posterior eliminación de acuerdo con las normativas vigentes. Limpiar los restos con agua abundante.

7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Manipulación:

Sin indicaciones particulares.

7.2 Almacenamiento:

Recipientes bien cerrados. En local bien ventilado. Temperatura ambiente.

8. Controles de exposición/protección personal

8.1 Medidas técnicas de protección:

Asegurar una buena ventilación y renovación de aire del local.

8.2 Control límite de exposición:

VLA-EC: 546 mg/m³

VLA-ED: 273 mg/m³

8.3 Protección respiratoria:

En caso de formarse vapores/aerosoles, usar equipo respiratorio adecuado. Filtro A. Filtro P3.

8.4 Protección de las manos:

Usar guantes apropiados neopreno nitrilo

8.5 Protección de los ojos:

Usar gafas apropiadas.

8.6 Medidas de higiene particulares:

Quitarse las ropas contaminadas. Lavarse manos y cara antes de las pausas y al finalizar el trabajo. Usar equipo de protección completo.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD TRICLOROETILENO

8.7 Controles de la exposición del medio ambiente:

Cumplir con la legislación local vigente sobre protección del medio ambiente.

9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto: Líquido

Color: incoloro

Granulometría

Olor: Característico.

pH:

Punto de fusión/punto de congelación -84,8 °C

Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición: 86,7 °C

Punto de inflamación:

Inflamabilidad (sólido, gas):

Límites superior/inferior de inflamabilidad o de explosividad: 9 %(v) / 7,9 %(v)

Presión de vapor: 77 hPa (20 °C)

Densidad de vapor:

Densidad relativa: (20/4) 1,46

Solubilidad: 0,4 g/l agua 20 °C

Coefficiente de reparto n-octanol/agua:

Temperatura de auto-inflamación: 410 °C

Temperatura de descomposición:

Viscosidad:

10. Estabilidad y reactividad

10.1 Condiciones que deben evitarse:

Temperaturas elevadas.

10.2 Materias que deben evitarse:

Acido perclórico. Metales ligeros Metales en polvo. Metales alcalinos. Metales alcalinotérreos. Hidróxidos alcalinos. Amidas alcalinas. Oxígeno Oxígeno Soluciones alcalinas. Oxidos de nitrógeno. Hidruros de metaloides.

10.3 Productos de descomposición peligrosos:

COCl₂. Cloruro de hidrógeno. Cloro.

10.4 Información complementaria:

Sensible al calor. Los gases / vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire.

11. Información toxicológica

11.1 Toxicidad aguda:

DLL0 oral man : 7.000 mg/kg



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD TRICLOROETILENO

DLL0 oral rbt : 7.330 mg/kg
DLL0 oral hmn : 7 g/Kg
DL50 oral mus : 2.402 mg/kg
DL50 skn rbt : 12.124 mg/kg
CL L0 inh man : 2900 ppm
CL 50 inh rat : 64,8 mg/m³ 4h

11.2 Efectos peligrosos para la salud:

Por inhalación de vapores: Irritaciones en mucosas tos dificultades respiratorias Por absorción: ansiedad espasmos narcosis Por ingestión: náuseas vómitos problemas renales problemas hepáticos En contacto con la piel: irritaciones Por contacto ocular: irritaciones Después de un periodo de latencia: efectos en el sistema nervioso central

12. Información Ecológica

12.1 Movilidad :

12.2 Ecotoxicidad :

12.2.1 - Test EC50 (mg/l) :

Bacterias (Photobacterium phosphoreum) 118 mg/l

Clasificación :

Altamente tóxico.

Bacterias (Ps. putida) EC₀ 6 mg/l

Clasificación : Extremadamente tóxico.

Algas (Sc. quadricauda) EC₀ >1000 mg/l

Clasificación : Muy tóxico.

Algas (M. aeruginosa) EC₀ 63 mg/l

Clasificación : Extremadamente tóxico.

Crustáceos (Daphnia Magna) 1313 mg/l

Clasificación :

Muy tóxico.

Peces (Leuciscus Idus) 136 mg/l

Clasificación :

Altamente tóxico.

12.2.2 - Medio receptor :

Riesgo para el medio acuático

Alto

Riesgo para el medio terrestre

Alto

12.2.3 - Observaciones :

Extremadamente ecotóxico en cualquier medio, debido a su no biodegradabilidad y bioacumulación.

12.3 Degradabilidad :

12.3.1 - Test :

12.3.2 - Clasificación sobre degradación biótica :

DBO5/DQO

Biodegradabilidad



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD TRICLOROETILENO

12.3.3 - Degradación abiótica según pH :

12.3.4 - Observaciones :

Producto no biodegradable.

12.4 Acumulación :

12.4.1 - Test :

12.4.2 - Bioacumulación :

Riesgo

12.4.3 - Observaciones :

Producto bioacumulable.

12.5 Otros posibles efectos sobre el medio natural :

Producto altamente contaminante.

Máxima precaución en su manipulación a fin de no verter.

13. Consideraciones sobre la eliminación

13.1 Sustancia o preparado:

En América no están establecidas pautas homogéneas para la eliminación de residuos químicos, los cuales tienen carácter de residuos especiales, quedando sujetos su tratamiento y eliminación a los reglamentos internos de cada país. Por tanto, en cada caso, procede contactar con la autoridad competente, o bien con los gestores legalmente autorizados para la eliminación de residuos.

13.2 Envases contaminados:

Los envases y embalajes contaminados de sustancias o preparados peligrosos, tendrán el mismo tratamiento que los propios productos contenidos.

14. Información relativa al transporte

Terrestre (ADR):

Denominación técnica: TRICLOROETILENO

UN 1710 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: III (E)

Marítimo (IMDG):

Denominación técnica: TRICLOROETILENO

UN 1710 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: III

Aéreo (ICAO-IATA):

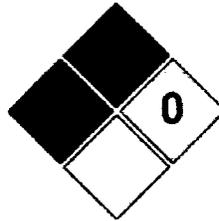
Denominación técnica: Tricloroetileno

UN 1710 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: III

Instrucciones de embalaje: CAO 612 PAX 605

15. Información Reglamentaria

16. Otra información



Grados de NFPA: Salud: 2 Inflamabilidad: 1 Reactividad: 0

Renuncia:

CTR Scientific proporciona la información contenida aquí de buena fe, sin embargo, no hace ninguna representación en cuanto a su integridad o exactitud. Es intención que se utilice este documento sólo como una guía para el manejo del material con la precaución apropiada, por una persona adecuadamente capacitada en el uso de este producto. Los individuos que reciban la información deben ejercer su juicio independiente al determinar la conveniencia del producto para un uso particular. CTR SCIENTIFIC, NO GESTIONA O DA GARANTÍA ALGUNA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUYENDO SIN LIMITACIÓN CUALQUIER GARANTÍA DE COMERCIALIZACIÓN, O CONVENIENCIA PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR, CON RESPECTO A LA INFORMACIÓN EXPUESTA EN EL PRESENTE DOCUMENTO O DEL PRODUCTO AL QUE SE REFIERE LA INFORMACIÓN. POR CONSIGUIENTE, CTR SCIENTIFIC, NO SERÁ RESPONSABLE DE DAÑOS QUE RESULTEN DEL USO O CONFIANZA QUE SE TENGA EN ESTA INFORMACIÓN.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

CEMENTO ASFÁLTICO

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO		
Empresa: REPSOL YPF DIRECCIÓN DERIVADOS LATINOAMÉRICA Dirección: Tucumán 744 (1049) – Buenos Aires ARGENTINA Tel. (+ 5411) 4323-1743 Fax (+ 5411) 4329-2000 Tel. Emergencia: (+ 54221) 429-8615	Nombre comercial: ASFASOL G; ASFASOL F; ASFASOL E; BITALCO; ASFASOL A; ASFASOL 40; ASFASOL 30; ASFASOL 20; ASFASOL 10; ASFASOL 5; ASFASOL E 60/70; BITALCO 85/100; EXTRAFAL Nombre químico: Asfalto.	
	Sinónimos: Asfalto de petróleo. Asfalto vial	
	Fórmula: Mezcla compleja de hidrocarburos del petróleo.	CAS # 8052-42-4
	N° CE (EINECS) # 232-490-9	N° Anexo I (Dir. 67/548/CEE) # NP

2. COMPOSICIÓN		
Composición general: Combinación muy compleja de compuestos orgánicos de elevado peso molecular y una proporción relativamente grande de hidrocarburos con un número de carbonos en su mayor parte superior a C ₂₅ (alta relación carbono-hidrógeno). También contiene pequeñas cantidades de diversos metales como níquel, hierro o vanadio. Se obtiene como el residuo no volátil de la destilación del petróleo crudo o por separación como el refinado de un aceite residual en un proceso de desasfaltado o descarbonización.		
Componentes peligrosos:	Rango %	Clasificación
		R
NP		

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS	
FÍSICO / QUÍMICOS	TOXICOLÓGICOS (SÍNTOMAS)
Los asfaltos de carretera se almacenan y manejan normalmente por encima de los 100 °C y el contacto con agua puede conducir a una expansión violenta, peligro de salpicaduras y desbordamiento por ebullición.	Inhalación: Cuando son calentados los asfaltos producen humos. Aunque no se piensa que éstos produzcan un daño significativo para la salud, la prudencia aconseja que se debe minimizar la exposición, observando buenas prácticas de trabajo y asegurando buena ventilación en las áreas de trabajo. El sulfuro de hidrógeno puede acumularse en el espacio de cabeza de los tanques de almacenamiento y potencialmente puede alcanzar concentraciones peligrosas. Ingestión: No es probable. Contacto piel/ojos: Los asfaltos se manejan normalmente a alta temperatura lo que puede causar quemaduras térmicas. Los asfaltos para carreteras no están clasificados como peligrosos según los criterios de la CE, pero contienen concentraciones muy bajas de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PCA's). En los asfaltos sin diluir estos PCA's no se consideran biodisponibles. Sin embargo si los asfaltos de carretera se mezclan con diluyentes se cree que tales materiales pueden llegar a ser biodisponibles si el producto tiene viscosidad baja a temperatura ambiente. A pesar de la presencia conocida de PCA's no existe evidencia de que la exposición a asfaltos sin diluir o a sus humos sea nociva.
Aunque no están clasificados como inflamables, los asfaltos son materiales hidrocarbonosos y pueden arder.	Efectos tóxicos generales: El problema principal puede provenir por quemaduras de piel y por exposiciones prolongadas a vapores.

4. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Si la inhalación de nieblas, humos o vapores causa irritación de nariz o garganta, o tos, conducir a la persona afectada al aire libre. Si los síntomas persisten obtener atención médica. Las personas afectadas por la exposición a sulfuro de hidrógeno deben ser inmediatamente trasladadas al aire libre y se debe obtener atención médica sin dilación. Las personas inconscientes se deben colocar en posición de recuperación. Controlar la respiración y el pulso, y si la respiración se debilita, o se considera inadecuada, debe utilizarse respiración asistida, preferentemente por el método del boca a boca. Si es necesario administrar masaje cardíaco externo. Obtener atención médica inmediatamente.

Ingestión: No es probable.

Contacto piel: Sumergir la zona de la piel con quemaduras en agua durante al menos 10 minutos. No intentar eliminar el asfalto de la piel puesto que proporciona una cubierta estéril estanca al aire sobre la quemadura, que con el tiempo se desprenderá con la costra cuando la quemadura cicatrice. Todas las quemaduras deben recibir atención médica, el asfalto se contrae al enfriarse y cuando un miembro está recubierto de asfalto debe tenerse cuidado con el fin de evitar el desarrollo de un efecto torniquete. El tratamiento debe ser generalmente sintomático y dirigido a mitigar cualquier efecto. Si por cualquier razón el asfalto se debe eliminar, puede hacerse usando parafina medicinal líquida ligeramente calentada.

Contacto ojos: Producto en frío: Lavar los ojos concienzudamente con cantidades abundantes de agua, asegurándose de que los párpados se mantengan abiertos. Obtener atención médica si aparece o persiste dolor o enrojecimiento.

Producto en caliente: Lavar con abundante agua durante al menos 5 minutos para disipar el calor. En el caso de que quede algo de producto, intentar eliminarlo sólo por continua irrigación con agua. Obtener atención médica inmediatamente.

Medidas generales: No quitar el asfalto adherido firmemente a la piel. Avisar al servicio médico.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medidas de extinción: Espumas, polvo químico seco, dióxido de carbono, gas inerte, arena y agua pulverizada.

Contraindicaciones: No usar nunca chorros de agua directamente.

Productos de combustión: El asfalto ardiendo da lugar a una compleja mezcla de gases y partículas en suspensión incluyendo CO₂, H₂O, CO, óxidos de azufre y otros gases peligrosos.

Medidas especiales a tomar: Sacar el recipiente de la zona de fuego, si se puede hacer sin riesgo. Enfriar con agua los bidones expuestos al calor del fuego. Permanecer alejado del grupo de recipientes. Mantener alejada a las personas ajenas, aislar el área de incendio y prohibir la entrada. Permanecer fuera de la corriente de vapores.

Peligros especiales: Desbordamiento de los tanques por ebullición y erupciones violentas en presencia de agua (salpicaduras del material caliente). Problemas respiratorios o náuseas por excesiva exposición a los humos del asfalto caliente.

Equipos de protección: Trajes, zapatos y guantes resistentes al calor. Equipos autónomos de respiración.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones para el medio ambiente: Prevenir los vertidos al alcantarillado.	Precauciones personales: En espacios cerrados no permitir que el agua u otro líquido entre en contacto con el asfalto caliente. El asfalto caliente debe manejarse de tal forma que no exista riesgo de quemaduras.
Detoxificación y limpieza: Derrames pequeños: Dejar enfriar y solidificar. Trasladar mecánicamente hacia los contenedores para su eliminación o recuperación de acuerdo con las reglamentaciones locales. Derrames grandes: Evitar la dispersión mediante fosos o barreras de arena, tierra u otro material. A continuación tratar de igual modo que los derrames pequeños.	Protección personal: (Cuando el asfalto está caliente) Debe incluir: útiles con terminaciones en forma de brazos para evitar salpicaduras en el cuerpo, protectores de cara y ojos, guantes resistentes al calor y botas resistentes al calor. Si es probable que se produzcan derrames, deberá utilizarse además ropa protectora para toda la cabeza, cara y cuello. Donde se maneja asfalto es necesaria una ventilación local inducida.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación:

Precauciones generales: La temperatura máxima segura de manipulación debe estar como poco 30 °C por debajo del punto de inflamación. Evitar el sobrecalentamiento para minimizar la producción de humos protegerse manos y brazos. Usar botas de unos 15 cm de altas y atadas. Cuando se manipula asfalto caliente es recomendable llevar protegidos cara y ojos.

Condiciones especiales: El asfalto se manipula en forma líquida, lo cual implica elevadas temperaturas (>100 °C). Evitar el contacto (quemaduras en la piel) y la inhalación de humos (irritación del tracto respiratorio). Utilizar mangueras limpias, secas y resistentes al calor (libres de estrangulamientos, etc.). No usar vapor para vaciar las tuberías y mangucras. No utilizar disolventes para limpiar las obstrucciones de las tuberías.

Almacenamiento:

Temperatura y productos de descomposición: Cuando se calienta excesivamente emite humos irritantes y acres. Máxima temperatura segura de almacenamiento al menos 30 °C por debajo del punto de inflamación.

Reacciones peligrosas: Puede arder rápidamente cuando se mezcla con nafta u otros disolventes volátiles. Pueden formarse depósitos carbonosos sobre las paredes y techos de los tanques de almacenamiento, los cuales pueden ser pirofóricos y autoinflamarse. El sulfuro de hidrógeno puede acumularse en los tanques a altas temperaturas cuando el tiempo de almacenamiento es largo.

Condiciones de almacenamiento: Prevenir la entrada de agua. Ventilación adecuada (los orificios no deben terminar cerca de las ventanas o entradas de aire). Contenedores debidamente cerrados y etiquetados. Los asfaltos deben ser manejados a la menor temperatura posible, teniendo en cuenta su uso eficiente. Cuando se está bombeando asfalto desde un tanque de almacenamiento se debe evitar el riesgo de fuego o explosión por la presencia de tubos calientes. Los tanques de asfalto se pueden calentar con aceite caliente, vapor, electricidad o llama. En las situaciones en la que se bombea asfalto desde un tanque que tiene tubos calentadores se deben tomar precauciones para impedir que el nivel de asfalto por encima de los tubos sea inferior a 150 mm, a no ser que se haya desconectado el calentamiento durante el tiempo suficiente para que se enfríen. Se debe realizar una inspección para asegurar que el tanque receptor tiene suficiente espacio vacío para contener la carga.

Materiales incompatibles: Los asfaltos calientes no se deben echar a un tanque o depósito húmedo, ya que el vapor de agua puede provocar erupciones violentas cuando el asfalto es calentado. Evitar contacto directo con el agua.

8. CONTROLES DE EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL

Equipos de protección personal:

Protección respiratoria: Normalmente no es necesaria bajo condiciones normales de uso y con ventilación adecuada. Utilizar equipo aprobado de protección respiratoria en los espacios donde el sulfuro de hidrógeno pueda acumularse.

Protección ocular: Gafas de seguridad y/o visores en caso de que exista peligro de salpicaduras.

Protección cutánea: Llevar ropa de protección para las operaciones normales con el material caliente como mono de trabajo (con perneras por encima de las botas y mangas sobre los guantes), guantes resistentes al calor, botas, y protección para el cuello si las salpicaduras son probables.

Otras protecciones: Cremas para la piel.

Precauciones generales: Cuando se manipula asfalto en lugares cerrados, debe existir una buena ventilación local.

Prácticas higiénicas en el trabajo: Deben usarse duchas con agua caliente. Usar jabón y no otros productos con disolvente. Tanto la ropa como los útiles deben cambiarse frecuentemente y limpiarse en seco. La ropa muy contaminada debe cambiarse inmediatamente. Debe revisarse el estado de los guantes para evitar una contaminación interna. Utilizar cremas para la piel después del trabajo.

Controles de exposición:

TLV/TWA (ACGIH): 0.5mg/m³ (Humo de asfalto / Betún, fracción soluble en benceno)

TLV/STEL (ACGIH): 15 ppm (15min) (sulfuro de hidrógeno)

TLV/TWA (ACGIH): 10 ppm (sulfuro de hidrógeno)

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto: Sólido a temperatura ambiente.

pH: NP

Líquido a las temperaturas normales de manipulación.

Color: Negro.

Olor: Característico.

Rango de ebullición: > 470°C

Temperatura anillo y bola: 41°C–57°C (ASTM D-36)

Punto de inflamación / inflamabilidad: >230 °C (ASTM D-92)

Autoinflamabilidad: > 300 °C (ASTM D-92)

Propiedades explosivas: NP

Propiedades comburentes: NP

Presión de vapor: Insignificante a temperatura ambiente.

Densidad: 1 g/cm³ a 25 °C (ASTM D-70)

Tensión superficial: 70 dinas/cm a 77°C

Temperatura y presión críticas: NP

Solubilidad en agua: Insoluble.

Coefficiente de reparto (n-octanol/agua):

Densidad de vapor: 30 (aire: 1)

Solubilidad: Disulfuro de carbono.

Otros datos: Viscosidad a 60°C: 500-4800 cSt (ASTM D-4402)

Viscosidad a 135°C: 2.2-5.5 cSt (ASTM D-4402)

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Estable a temperatura ambiente.

Condiciones a evitar: El calentamiento excesivo por encima de la temperatura máxima recomendada de manipulación y almacenamiento puede causar craqueo y formación de vapores inflamables.

Incompatibilidades: Impedir que el producto fundido entre en contacto con agua u otro líquido. Se debe evitar la contaminación de aceite y asfalto de los aislamientos térmicos y el revestimiento se debe reemplazar donde sea necesario por un tipo de aislamiento no absorbente. El calentamiento da lugar a la autoinflamación de las superficies de materiales fibrosos o porosos impregnados con asfalto o con condensados de los humos bituminosos, lo que puede ocurrir a temperaturas inferiores a los 100°C. Evitar el contacto con oxidantes fuertes.

Productos de descomposición peligrosos: En los lugares cerrados puede acumularse sulfuro de hidrógeno por encima del asfalto.

Riesgo de polimerización: NP

Condiciones a evitar: NP

11. TOXICOLOGÍA

Vía de entrada: Quemaduras en la piel o inhalación de los vapores cuando está caliente.

Efectos agudos y crónicos: Los datos revisados y la extrapolación de los datos de otros productos del petróleo indican que la toxicidad aguda de los asfaltos es muy baja. Los asfaltos para carreteras no presentan peligros crónicos a temperatura ambiente. Bajo condiciones normales de aplicación el contacto con la piel se espera que esté limitado debido a las altas temperaturas necesarias para trabajar con el material, con lo cual cualquier peligro crónico para la piel es mínimo. Los humos pueden producir ligera irritación del tracto respiratorio superior y de los ojos. El humo condensado de asfalto puede ser ligeramente irritante para la piel.

Carcinogenicidad: NP

Toxicidad para la reproducción: NP

Condiciones médicas agravadas por la exposición: Problemas dermatológicos.

12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS

Forma y potencial contaminante:

Persistencia y degradabilidad: No da lugar a fracciones solubles en agua. El producto derramado en el agua puede hundirse causando un daño mecánico a la flora y fauna que están en contacto. Los componentes del asfalto no se biodegradan significativamente en el medio ambiente. En condiciones normales el producto permanece en el lugar.

Movilidad/bioacumulación: De acuerdo con sus propiedades físicas el asfalto no es móvil y permanece en la superficie del suelo, o se asienta en la superficie de los sedimentos acuáticos al ser insoluble, aunque algunas clases de asfalto pueden flotar. La bioacumulación es improbable debido a su muy baja solubilidad.

Efecto sobre el medio ambiente/ecotoxicidad: El producto no es tóxico para el medio ambiente. No es peligroso para las plantas y ambientes acuáticos.

13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN

Métodos de eliminación de la sustancia (excedentes): Reciclar si es posible.

Tipos de residuos: Asfaltos de carretera o de otros usos.

Eliminación: Se lleva a cabo por incineración en un horno especial o emplazándolo en vertederos controlados.

Manipulación: Reducir al mínimo el contacto con la piel. Evitar la proximidad de focos térmicos.

Disposiciones legales: Los establecimientos y empresas que se dediquen a la recuperación, eliminación, recogida o transporte de residuos deberán cumplir las disposiciones existentes relativas a la gestión de residuos u otras disposiciones municipales, provinciales y/o nacionales en vigor.

14. TRANSPORTE

Precauciones especiales: Estable a temperatura ambiente y durante el transporte. Transportar en contenedores debidamente cerrados y etiquetados.

Información complementaria:

Número ONU: 3257

Número de identificación de peligros: 99

Nombre de expedición: LÍQUIDO TRANSPORTADO A TEMPERATURA ELEVADA, N.E.P

ADR/RID: Clase 9. Código de clasificación: M9.

Grupo de embalaje/envase: III.

IMDG: Clase 9. Grupo de embalaje/envase: III.

IATA-DGR: Clase 9. Grupo de embalaje/envase: III.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

CLASIFICACIÓN

NP

ETIQUETADO

Símbolos: NP

Frases R: NP

Frases S: NP

Otras regulaciones: El asfalto está listado en el Inventario Químico TSCA (EPA).

16. OTRAS INFORMACIONES

Bases de datos consultadas:

EINECS: European Inventory of Existing Commercial Substances.
RTECS: US Dept. of Health & Human Services.
HSDB: US National Library of Medicine
CHRIS: US Dept. of Transportation.
TSCA: Toxic Substances Control Act, US Environmental Protection Agency.

Normativa consultada:

Dir. 67/548/CEE de sustancias peligrosas (incluyendo enmiendas y adaptaciones en vigor).
Dir. 1999/45/CE de preparados peligrosos (incluyendo enmiendas y adaptaciones en vigor).
Dir. 91/689/CEE de residuos peligrosos / Dir. 91/156/CEE de gestión de residuos.
Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR).
Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID).
Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG).
Regulaciones de la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO) y de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea

GLOSARIO:

CAS: Servicio de Resúmenes Químicos	DL ₅₀ : Dosis Letal Media
IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer	CL ₅₀ : Concentración Letal Media
TLV: Valor Límite Umbral	TDL ₀ : Dosis Tóxica Mínima
TWA: Media Ponderada en el tiempo	LDL ₀ : Dosis Letal Mínima
STEL: Límite de Exposición de Corta Duración	CE ₅₀ : Concentración Efectiva Media
REL: Límite de Exposición Recomendada	CI ₅₀ : Concentración Inhibitoria Media
PEL: Límite de Exposición Permitido	IAD: Ingesta Aceptable Diaria
	BOD: Demanda Biológica de Oxígeno.
	NP: No Pertinente
	BEI: Índice de Exposición Biológica
	: Cambios respecto a la última revisión

La información que se suministra en este documento se ha recopilado en base a las mejores fuentes existentes y de acuerdo con los últimos conocimientos disponibles y con los requerimientos legales vigentes sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. Esto no implica que la información sea exhaustiva en todos los casos. Es responsabilidad del usuario determinar la validez de esta información para su aplicación en cada caso.

LABORATORIO
OPERACIONES CONCHÁN

INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SÓLIDO 120/150 PEN)

Nº GOPC-LAB-2013-2012

FECHA DE REPORTE: 08.09.2012	FECHA DE RECEPCIÓN: 07.09.2012	CÓDIGO DE MUESTRA: 19386
HORA DE RECEPCIÓN: 22:10 HORAS	PROCEDENCIA: DPTO. REFINACIÓN	BUQUE/TANQUE:
TANQUE DE TIERRA: 47	VOLUMEN CERTIFICADO:	DESTINO: PLANTA DE VENTAS

ENSAYOS	METODO ASTM	OTRO METODO	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
				MIN.	MAX.
PENETRACION:					
a 25°C, 100 gr, 5 seg., 1/10 mm	D 5-06 ^{e1}		131	120	150
DUCTILIDAD:					
a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07		>150	100	
FLUIDEZ:					
- Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D 2170-07		1565		Reportar
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170-07		220	140	
SOLUBILIDAD:					
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	D 2042-09		99.9	99	
Prueba de la Mancha, Nafta - Xileno (25% Xileno)		T 102	Negativo		Reportar
VOLATILIDAD:					
Punto de Inflamación, C.O.C., °C	D 92-05a		280	218	
DENSIDAD:					
Gravedad API a 60°F, °API	D 70-09 ^{e1}		8.6		Reportar
Gravedad Específica a 60/60°F	D 70-09 ^{e2}		1.010		Reportar
SUSCEPTIBILIDAD TERMICA:					
Punto de Ablandamiento, °C	D 36-95(00)e1		44.0		Reportar
Índice de Penetración			-0.2	-1	1
Efecto de Calor y Aire (Película Fina):	D 1754-97(02)				
- Pérdida por calentamiento, % Masa			0.40		1.3
- Penetración Retenida, % de la Original	D 5-06 ^{e1}		58	42	
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07		134	100	
ADHERENCIA:					
Revestimiento y Desprendimiento, %	D 3625-96(05)		> 95		Reportar

OBSERVACIONES: PRODUCTO EN ESPECIFICACIÓN

La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre 129 y 144°C
Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.

1. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN SÓLO A LA MUESTRA ANALIZADA.
2. PRODUCTO DENTRO DE ESPECIFICACIÓN.

ORIGINAL: CLIENTE COPIA 1: ARCHIVO GENERAL DE INFORMES DE ENSAYO COPIA 2: INFORME DE ENSAYO DE PRODUCTOS	ELABORADO POR: ISMAEL HUAMAN VÁSQUEZ Nº Ficha 34297	APROBADO POR: RAYMUNDO RAMIREZ ROCA Ficha N° 55116 C.I.P. N° 86578
--	---	---

OCLAB-PT-010-F-06, Rev. 2

"PETROPERU, MEJORANDO LA CALIDAD DE VIDA"

FIN DE INFORME

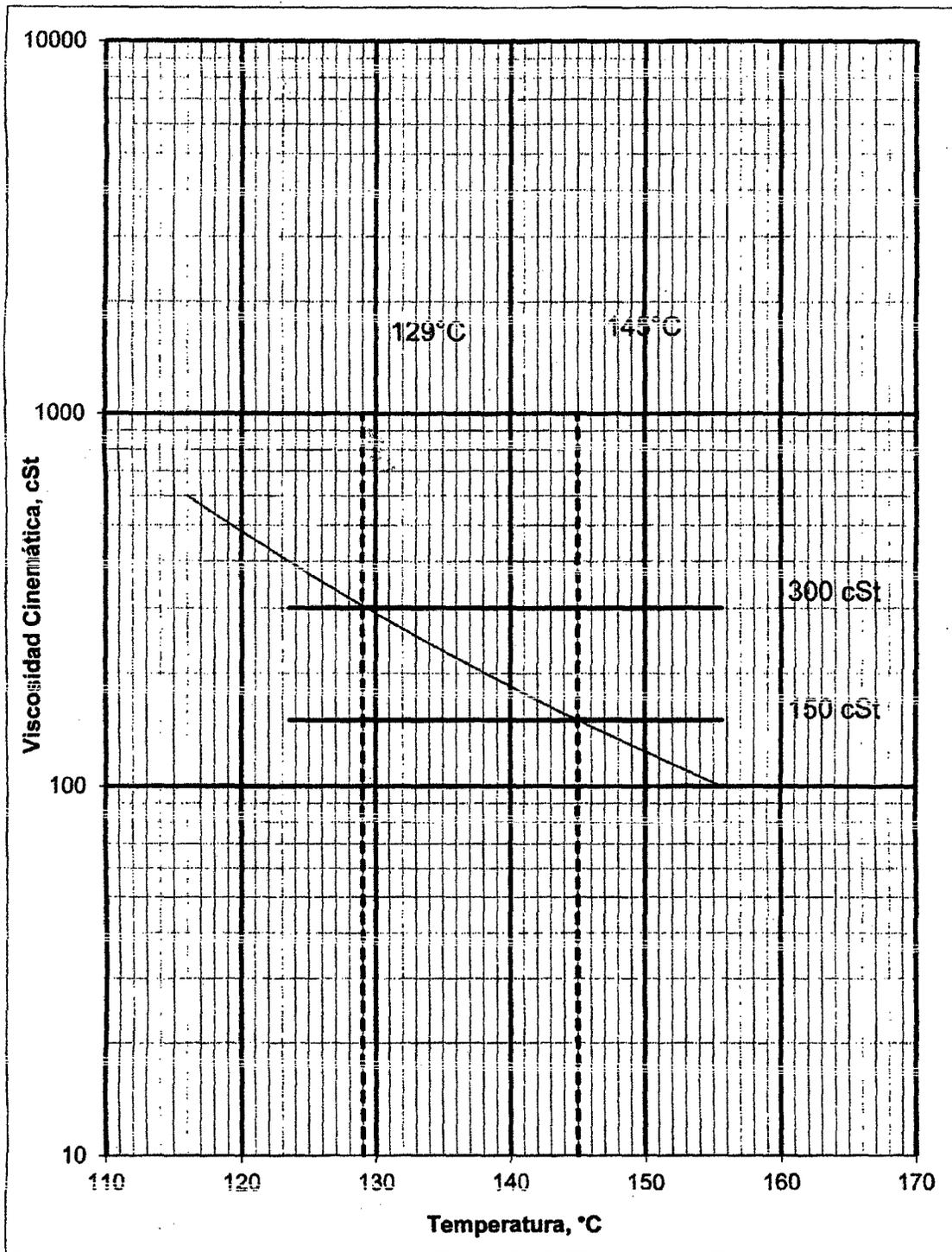
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DE PETROPERU

Fecha: 15.10.12

Control: 7,851

Folio: 010-0500915

Carta Viscosidad - Temperatura ASTM D 341
Rango de Temperatura Optima de Mezcla
TQ. 47 - C. A. 120 / 150 PEN. - 25.09.2012 - 02:45 horas



ORIGINAL FIRMADO POR:
RAYMUNDO RAMIREZ ROCA
 FICHA 55116
 C.I.P. N° 86578

Oficina Principal: Canaval y Moreyra 150, Lima 27 - Perú
 Operaciones Conchán: Km 26.5, Antigua Panamericana Sur - Lima - Perú
 Telfs.: (511) 625 4000
 Portal Empresarial: <http://www.petroperu.com>
 Sociedad inscrita en la Partida N° 11014754 del Registro de Personas Jurídicas

BIBLIOTECA E INFORMACION
 CULTURAL
U.N.S.C.H.