

**ANALYSIS OF QUALITY AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF
ASPHALT CEMENT AC 20 FOR ROAD APPLICATION PRODUCED IN
ESMERALDAS STATE REFINERY.**

**ANÁLISIS DE CALIDAD Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL CEMENTO
ASFÁLTICOS AC 20 PARA APLICACIÓN VIAL PRODUCIDO EN REFINERÍA
ESTATAL DE ESMERALDAS.**

Autores:

Ing. Douglas Quiñonez Arroyo, MBA
UNIVERSIDAD TÉCNICA LUIS VARGAS TORRES
INGENIERO MECÁNICO.
ESMERALDAS - ECUADOR
✉ douglas.quinonez@utelvt.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-3555-05855>

Ing. Angulo Guerrero Ronny Joel
UNIVERSIDAD TÉCNICA LUIS VARGAS TORRES
INGENIERO ELECTRICO.
ESMERALDAS - ECUADOR
✉ ronny.angulo@utelvt.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-3070-1823>

Lcdo. Rúa Sánchez Luis Efrén
UNIVERSIDAD PARTIULAR SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO
MAESTRANTE EN TECNOLOGIA E INNOVACION EDUCATIVA
PORTOVIEJO - ECUADOR
✉ lruas363@alumnos.imf.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5592-6631>

Recepción: 05-MAY-2022 Aceptación: 05-JUN-2022 Publicación: 15-JUN-2022
Fechas de:
 <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>
<http://mqrinvestigar.com/>

RESUMEN

El trabajo de investigación “Análisis de calidad y propiedades fisicoquímicas del cemento asfálticos AC 20 para aplicación vial producido en refinería estatal de esmeraldas” tiene como finalidad brindar al lector una guía básica sobre el uso de los cementos asfálticos. Este documento deberá ser tomado de manera referencial y como ayuda para que el lector establezca sus propias especificaciones en proyectos particulares. El objetivo principal del presente trabajo de investigación fue evaluar mediante un estudio físico-químico el Sistema de Calidad del asfalto AC20, para ello se realizó un estudio experimental en el Laboratorio de Control de Calidad de la Refinería Estatal de Esmeraldas. Se tomó tres muestras promedio por cada mes de funcionamiento continuo de las unidades de generación, las cuales serán analizadas y sus resultados serán compilados en tablas Excel para determinar si cumplen con los valores permisibles. Además, este proyecto presenta detalladamente los requisitos que deben cumplir los cementos asfálticos para estar dentro de calidad, los cuales son dados por la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2515). Así mismo de los procedimientos que se deben realizar para los ensayos que determinan si el cemento asfáltico AC20 cumple o no con los requisitos dadas por las normas INEN dichos ensayos se deben realizar bajo las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) las cuales se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo.

Palabras claves: fisicoquímicas, cementos asfálticos, investigación, investigación.

ABSTRACT

The research work "Analysis of quality and physicochemical properties of asphalt cement AC 20 for road application produced in the Esmeraldas state refinery" aims to provide the reader with a basic guide on the use of asphalt cements. This document should be taken as a reference and as an aid for the reader to establish their own specifications in particular projects.

The main objective of this research work was to evaluate the AC20 Asphalt Quality System through a physical-chemical study, for which an experimental study was carried out at the Quality Control Laboratory of the Esmeraldas State Refinery.

Three average samples were taken for each month of continuous operation of the generation units, which will be analyzed and their results will be compiled in Excel tables to determine if they meet the permissible values.

In addition, this project presents in detail the requirements that asphalt cements must meet to be within quality, which are given by the Ecuadorian Technical Standard (NTE INEN 2515). Likewise, the procedures that must be carried out for the tests that determine whether or not the AC20 asphalt cement meets the requirements given by the INEN standards, said tests must be carried out under the ASTM (American Society for Testing and Materials) standards, which are They are used in research and development projects, quality systems, product testing and acceptance, and business transactions around the world.

Keywords: physicochemical, asphalt cements, research, research.

INTRODUCCIÓN

El asfalto es un material de color oscuro, el cual presenta propiedades ligantes y aglutinantes, conformado por compuestos en los que sobresalen los hidrocarburos; soluble en gran parte en disulfuro de carbono, presenta consistencia semisólida a las temperaturas ambientes ordinarias, pero al incrementarse la temperatura tiende rápidamente a la liquidez, lo cual ha permitido adecuarlo a diversos usos en la construcción de distintas obras civiles. (G, 2008). Cuando hablamos de asfalto es, sin lugar a dudas, el material más versátil y universal de cuantos se tienen al alcance de la tecnología de los pavimentos flexibles. Su gran número de aplicaciones permite dar solución a gran cantidad de problemas de construcción. Sin duda alguna el asfalto es de gran interés para el ingeniero porque es un material fuertemente cementante, altamente adhesivo, impermeable y durable. (TECNOLOGÍA, 2004). El análisis fisicoquímico del asfalto es el proceso por el cual se conocen las características físicas y químicas del producto para así poder asegurar su confiabilidad, ya que, para la utilización, un producto debe cumplir con especificaciones técnicas o requerir de un certificado de análisis, proceso que garantiza los mejores controles de calidad a los productos de una industria. El desarrollo de un país está relacionado directamente con la capacidad de movilidad que posee el mismo, esta es la razón por la cual es necesario evaluar mediante un estudio fisicoquímico el sistema de calidad del cemento asfáltico AC 20 que se produce en la refinería estatal de Esmeraldas, dichos análisis deben realizarse mediante las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), con lo cual podemos verificar si nuestro asfalto cumple o no con los requisitos dados por las normas INEN 2515 y de esta manera lograr un alto rendimiento al ser empleado en sistema vial lo que mejorará las condiciones de tránsito.

MATERIAL Y MÉTODOS

DEFINICIÓN DE ASFALTO

Los asfaltos vienen definidos por la ASTM como “Materiales aglomerantes sólidos o semisólidos o líquido que varía de color negro o pardo oscuro y que se licúa gradualmente al calentarse, cuyos componentes predominantes son los betunes que se dan en la naturaleza en

forma sólida o semisólida o se obtienen de la destilación del petróleo; o combinaciones de estos entre sí o con el petróleo o productos derivados de estas combinaciones” (92, 2009)

El asfalto del petróleo o denominado betún asfáltico se obtiene como extracto de la unidad de desasfaltado, para la preparación de bases lubricantes o como residuo de unidades de destilación al vacío. (Ucha, 2010)

CEMENTOS ASFÁLTICOS

Es un derivado del petróleo que satisface las especificaciones establecidas para los materiales empleados en pavimentos y otros usos industriales y se caracterizan por permanecer en estado semisólido a temperatura ambiente. (INEN, 2010)

CEMENTOS ASFALTICO AC 20

Es un sistema homogéneo de asfáltenos y aceites aromáticos (aromáticos, malténicos y resinas), que posee propiedades adecuadas como ligante para la construcción de carreteras y pavimentos asfálticos. (INEN, 2010)

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ASFALTO

Asfáltenos: Constituyen entre el 5% al 25% del total de bitumen, estos se caracterizan por no presentar ductilidad ni adherencia. Al incrementarse la proporción de asfáltenos se obtiene un asfalto más duro y de menor penetración, mayor punto de ablandamiento y mayor viscosidad. (Soto, 2016)

Resinas: Son líquidos muy viscosos de color ámbar, constituyen entre el 5% al 25% del total de bitumen, son de naturaleza polar por lo cual brinda propiedades de adhesividad y ductilidad. Al oxidarse se convierten en asfáltenos. (Soto, 2016)

Aceites (Aromáticos y Saturados): Son líquidos viscosos, no tiene ninguna adhesividad, constituyen entre el 35% al 75% del total de bitumen, son estables en presencia de oxígeno, pero la fracción que se oxida se transforma en resinas y asfáltenos. (Soto, 2016)

PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO

Son preparados especialmente por presentar cualidades y consistencias propias para uso directo en la construcción de pavimentos asfálticos. Por tener las siguientes propiedades:

- ❖ Consistencia. - Se mide como el grado de fluidez o resistencia a la deformación de un material asfáltico a una temperatura determinada.
- ❖ Durabilidad. - Se define como la capacidad de un ligante asfáltico para mantener sus propiedades originales cuando es sometido a los procesos normales de trabajo en obra. (Lopez G. , 2014)
- ❖ Adherencia. - Fuerza molecular de atracción que se manifiesta entre dos cuerpos de diferente naturaleza en contacto entre sí, la adherencia del betún-agregado está influenciada por las características del betún (material hidrófobo) y el agregado usado en la mezcla (material básicamente hidrófilo), así como las condiciones ambientales (humedad y temperatura), las características de la superficie del pavimento (rugosidad, porosidad y revestimiento) y el tráfico al que está sujeto. (Venturini, 2019)
- ❖ Cohesión. - Es la capacidad que tiene el asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.
- ❖ Pureza. - El cemento asfáltico se compone casi enteramente de betunes, los cuales, por definición, son solubles en bisulfuro de carbono. Los asfaltos refinados son generalmente, más del 99.5% solubles en bisulfuro de carbono y por lo tanto, casi betunes puros. (Lopez G. , 2014)
- ❖ Gravedad específica. - Se entiende por gravedad específica de un material, a la relación de su peso en aire a una temperatura determinada, el peso de un volumen igual de agua a la misma temperatura, generalmente a los 25°C.

TIPOS DE ASFALTOS

ASFALTOS OXIDADOS O SOPLADOS

Estos son asfaltos sometidos a un proceso de deshidrogenación y luego a un proceso de polimerización. A elevada temperatura se le hace pasar una corriente de aire con el objetivo de

mejorar sus características y adaptarlos a aplicaciones más especializadas. El proceso de oxidación produce las siguientes modificaciones físicas:

- ❖ Aumento del peso específico
- ❖ Aumento de la viscosidad

ASFALTOS SÓLIDOS O DUROS

Asfaltos con una penetración a temperatura ambiente menor que 10.

FLUXANTE O ACEITE FLUXANTE

Fracción de petróleo relativamente poco volátil que puede emplearse para ablandar al asfalto hasta la consistencia deseada.

ASFALTOS DILUIDOS DE CURADO RAPIDO (RC)

Cuando el Cemento Asfáltico es de penetración 80/120 y el solvente es nafta o gasolina. Se clasifican en: RC-70, RC-250, RC-800, RC-3000. (Albornoz, 2014)

ASFALTOS DILUIDOS DE CURADO MEDIO (MC)

Cuando el Cemento Asfáltico es de penetración 120/250 y el solvente es Kerosene. Se clasifican en: MC-30, MC-70, MC-250, MC800, MC-3000. (Albornoz, 2014)

ASFALTOS DILUIDOS DE CURADO LENTO (SC)

Cuando el Cemento Asfáltico es de penetración 200/300 y el solvente es un gasóleo, ya sea el gasoil o el diésel. Se clasifican en: SC-70, SC-250, SC-800, SC-3000. (Albornoz, 2014)

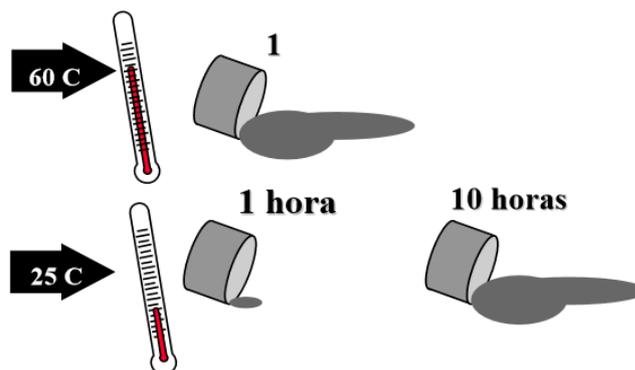
USOS DEL ASFALTO

- Impermeabilizar la estructura del pavimento, haciéndolo poco sensible a la humedad y eficaz contra la penetración del agua proveniente de la precipitación.
- Proporciona una íntima unión y cohesión entre agregados, capaz de resistir la acción mecánica de disgregación producida por las cargas de los vehículos. Igualmente mejora la capacidad portante de la estructura, permitiendo disminuir su espesor.

Además, el Asfalto es utilizado en la industria impermeabilizante y de pinturas asfálticas, revestimiento de diques y canales y materia prima para las emulsiones asfálticas. (Lozano, 2019)

COMPORTAMIENTO FISICO-MECANICO DEL ASFALTO

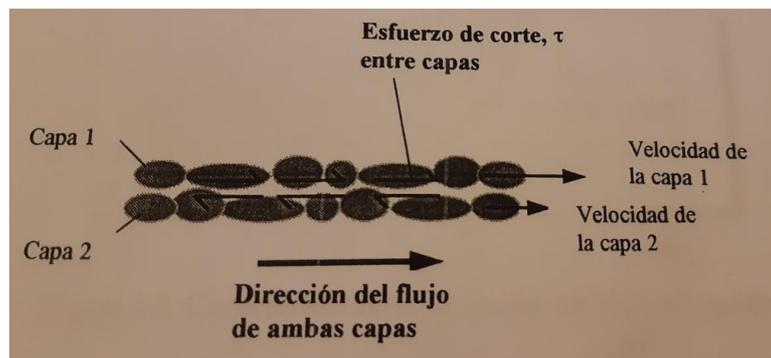
Está basado en su naturaleza visco-elástica; entonces, la conducta del mismo está en función tanto de las condiciones de carga como de la temperatura. Asimismo, tal conducta también depende del envejecimiento del asfalto. La figura muestra que el comportamiento del flujo de un asfalto puede ser el mismo en una hora a 60 °C que en 10 horas a 25°C. En otras palabras, tiempo y temperatura son intercambiables; alta temperatura y corto tiempo equivalen a baja temperatura y mayor tiempo. (Sánchez, 2014)



REACCIÓN DEL ASFALTO A ALTAS TEMPERATURAS

El cemento asfáltico expuesto a temperaturas extremadamente calurosas, como los desiertos, o a condiciones de velocidad y cargas sostenidas, como un tráiler a velocidad lenta, actúa como un líquido viscoso y fluye. (Sánchez, 2014)

La viscosidad es la característica que describe la resistencia de los líquidos a fluir. Si pudiera observarse, con un poderoso microscopio, a un líquido como el asfalto caliente fluir lentamente, se vería el movimiento relativo de las capas adyacentes del líquido, quizá del espesor de una molécula. (Bahia, 1994)



La fuerza de fricción, o resistente, entre estas capas depende de la velocidad relativa a la que se desliza una sobre otra. La fuerza resistente entre las capas se debe a que estas fluyen a velocidades ligeramente diferentes.

Afortunadamente, la viscosidad es una característica (a diferencia de la composición química) que puede emplearse para expresar esta diferencia.

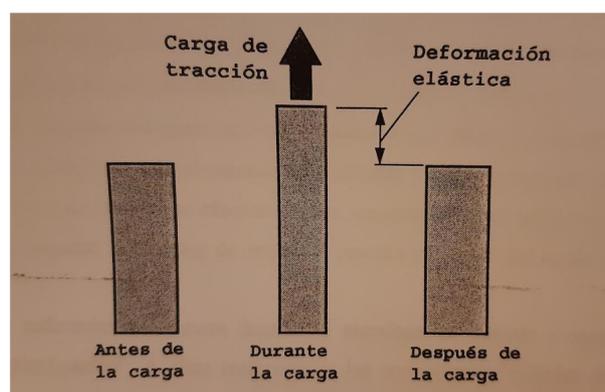
En los fluidos Newtonianos hay una relación lineal entre fuerza resistente y velocidad relativa. El aire, el agua y el asfalto a altas temperaturas (más de 50 C) son fluidos Newtonianos comunes. Materiales como la pasta dental son fluidos cuasi-Newtonianos con la excepción de que desarrollan una resistencia interna al flujo que debe ser vencida para que las capas comiencen a deslizarse una sobre otra. A temperaturas moderadas el asfalto es un “líquido de corte decreciente” (shear thinning liquid) pues su viscosidad decrece al aumentar

la velocidad relativa. Corte creciente significa que la viscosidad aumenta con el aumento relativo de la velocidad entre las capas. (Guillem Masoliver i Marcos, 2017)

Líquidos viscosos como el asfalto caliente son a veces llamados plásticos, porque una vez que comienzan a fluir no regresan a su posición original. Por esto en climas cálidos algunos pavimentos asfálticos fluyen bajo cargas repetidas y forman ahuellamientos. Sin embargo, el ahuellamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos es también influido por las propiedades de los agregados y es probablemente más correcto decir que es la mezcla asfáltica la que tiene un comportamiento plástico. (Bahia, 1994)

REACCION DEL ASFALTO A BAJAS TEMPERATURAS

Como ya se mencionó en el inciso anterior, las condiciones climatológicas pueden llegar a afectar el comportamiento del cemento asfáltico, en este caso al ser expuesto a temperaturas extremadamente bajas, o al ser expuestas al tráfico pesado a una alta velocidad generando cargas repetitivas, tiende a comportarse como un sólido elástico, contrario a los líquidos “plásticos”, y con la diferencia de que estos tienen la capacidad para recuperar su forma original una vez que la carga se ha desplazado, pero si se excede la capacidad de carga, los sólidos líquidos no se expandirán simplemente se fracturaran. (GARZÓN, 2013)



REACCIÓN DEL ASFALTO A TEMPERATURA AMBIENTE

Cuando el cemento asfáltico se encuentra a temperatura ambiente, la capa asfáltica tiende a comportarse de las dos formas descritas anteriormente, líquida plástica y sólida elástica, lo cual permite que el asfalto tenga una buena adherencia con el agregado. Por otro lado,

este explica el buen funcionamiento de este, porque utiliza las ventajas de ambos estados, por un lado, al calentarse se fluidifica cubriendo el agregado, formando así una mezcla. Después una vez que el asfalto se enfría, este trabaja como ligante uniendo al agregado formando una mezcla sólida, la cual, en su estado final se comporta de manera visco-elástica.

Lo anterior puede ser explicado haciendo uso del resorte-amortiguador de aire mostrado en la figura. Cualquier fuerza ejercida en el asfalto causa una reacción paralela en el resorte y el amortiguador de aire. En la mezcla en caliente, el resorte representa la respuesta elástica inmediata del asfalto y del agregado. El amortiguador de aire simboliza la reacción más lenta y viscosa del asfalto, particularmente en temperaturas más calientes. (Pampa, 2018)

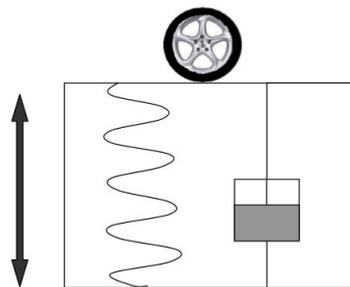


Figura 1.4 Modelo de Comportamiento Visco-Elastico.⁸

ENVEJECIMIENTO DEL ASFALTO

Debido a que están compuestos por moléculas orgánicas, reaccionan con el oxígeno del medio ambiente. Esta reacción se llama oxidación y cambia la estructura y composición de las moléculas del asfalto. El resultado es una estructura más frágil, y es la razón del término endurecimiento por oxidación o por envejecimiento. Este fenómeno ocurre en el pavimento a una velocidad relativamente baja, si bien es mucho más rápido en un clima cálido que en un clima frío. Así, el endurecimiento por oxidación es estacional, y es más marcado en verano que en invierno. Debido a este tipo de endurecimiento, los pavimentos viejos son más susceptibles al agrietamiento

que los nuevos. Incluso, los pavimentos asfálticos nuevos pueden ser propensos a este fenómeno si no se compactan adecuadamente. En este caso, la falta de compactación origina un alto contenido de vacíos en la mezcla, lo que permite a una mayor cantidad de aire ingresar en la mezcla asfáltica y agravar el endurecimiento por oxidación. (Huang, 2015).

LOCALIZACIÓN

Los análisis fisicoquímicos y prueba de calidad se realizaron en el Laboratorio de control de calidad de la Refinería Estatal de Esmeraldas.

TOMA DE MUESTRA

1. Se utiliza un envase con tapa que esté limpio y seco, para evitar contaminación y cualquier alteración de los resultados de la muestra a analizar.
2. El envase debe de estar etiquetado correctamente, para evitar confusión entre muestras.
4. Abrir la válvula y dejar drenar un mínimo de 4 litros del material en un recipiente.
5. Tomar la muestra, tapar bien el envase y se lleva la muestra al laboratorio para los análisis correspondientes.



ENSAYOS EN LIGANTE ASFÁLTICO.

Para caracterizar y evaluar la calidad del ligante asfáltico existen diversos ensayos tradicionales que tratan de reproducir el comportamiento a escala real del material, la importancia del conocimiento de los requisitos y exigencias de calidad del ligante asfáltico tanto por parte del productor, comercializador, transportista, contratista y fiscalizador es de rigor necesario y está supeditado al procedimiento para la aceptación de un ligante asfáltico en trabajos de pavimentación.

A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de ellos y se enuncia la norma que los rige.

DETERMINACIÓN DE PENETRACIÓN EN CEMENTOS ASFÁLTICOS (ASTM D-5).

La penetración se define como la distancia, expresada en décimas de milímetro hasta la cual penetra verticalmente en el material una aguja normalizada en condiciones definidas de carga, tiempo y temperatura. Normalmente, el ensayo se realiza a 25°C (77°F) durante un tiempo de 5 s y con una carga móvil total, incluida la aguja, de 100 g, aunque pueden emplearse otras condiciones previamente definidas.

Instrumentos y equipos de medición

- ❖ Penetrómetro.
- ❖ Aguja de penetración.
- ❖ Recipiente o molde para la muestra.
- ❖ Baño de agua.
- ❖ Plato de transferencia.
- ❖ Dispositivo medidor de tiempo.
- ❖ Espátula.
- ❖ Termómetro.
- ❖ Asfalto.

Toma y preparación de la muestra.

Las muestras de asfalto del proceso y verificaciones de calidad, siempre llegan al laboratorio con una temperatura que alcanza la fluidez requerida, por tal razón no es necesario su recalentamiento, solo su agitación antes de verter en los moldes.

Luego de verter la muestra, dejar enfriar al ambiente a una temperatura entre 15 a 30°C durante 1.5 H, luego colocarlo en el baño junto con el plato de transferencia durante 1.5 H, manteniendo la temperatura de ensayo establecida.

Las condiciones normalizadas del ensayo son de 25°C, 100 g, y 5 s, respectivamente de temperatura, la carga y el tiempo estas deben estar claramente especificadas.

Análisis de la muestra

Colocar el indicador (dial) a cero, revisar el indicador del nivel para asegurar que el aparato permanece estable y proceder con el ensayo.

Colocar el recipiente con la muestra en el plato de transferencia, cubrir el recipiente completamente con agua del baño manteniendo la temperatura constante.

El conjunto formado por la muestra y el recipiente con el agua a 25°C, se coloca en la base del penetrómetro, bajar la aguja lentamente hasta que su punta sólo haga contacto con la superficie de la muestra.

Accionar el inicio de la prueba, presionando el botón específico del penetrómetro, una vez transcurrido el tiempo programado de 5 s, se ajusta el instrumento para medir la distancia penetrada en décimas de milímetro, si el recipiente se mueve durante este proceso se ignora el resultado.

Realizar por lo menos 3 determinaciones sobre la superficie de la muestra en puntos distantes, por lo menos 10 mm de las paredes del recipiente y entre sí. (D-5, 2019)

DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD ABSOLUTA EN CEMENTOS ASFÁLTICOS (ASTM D-2171)

La viscosidad absoluta es medida por el tiempo que tarda en fluir un líquido a través de un tubo capilar en condiciones controladas de vacío y temperatura. La viscosidad en Pascal-segundo se calcula multiplicando el tiempo de flujo en segundos por el factor de calibración del viscosímetro.

El coeficiente de viscosidad es la relación entre el esfuerzo cortante aplicado y el coeficiente de corte. Este coeficiente es una medida de la resistencia de un líquido a fluir.

Instrumentos y equipos de medición

- ❖ Baño de viscosidad absoluta.
- ❖ Sistema de vacío.
- ❖ Dispositivo para medir el tiempo.
- ❖ Viscosímetros (AIVV TALLAS: 50; 100; 200)
- ❖ Termómetros.
- ❖ Soportes de viscosímetros.

Toma y preparación de la muestra

Tan pronto como la muestra llegue al laboratorio de control se debe realizar una muestra compuesta en un recipiente de 500 ml.

En caso de ser necesario calentar la muestra con cuidado para evitar sobrecalentamiento local y minimizar las pérdidas de los componentes volátiles; hasta que se encuentre lo suficientemente fluida como para verter.

Transferir mínimo 20 ml a un recipiente adecuado, calentar a $135 \pm 5.5^{\circ}\text{C}$ ($275 \pm 10^{\circ}\text{F}$) con cuidado para prevenir un sobrecalentamiento localizado agitando la muestra ocasionalmente para asegurar un calentamiento uniforme, y teniendo cuidado de evitar el entrapamiento de aire.

RESULTADOS

El muestreo se realizó tomando tres muestras promedio por cada mes

Análisis de dato.

Ensayo	Unidad	Grado de Viscosidad										Norma de ensayo
		AC-6		AC-10		AC-20		AC-30		AC-42		
		Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max	
Viscosidad absoluta, 60 °C	Pa s	60 ± 20		100 ± 20		200 ± 40		300 ± 60		420 ± 60		ASTMD 2171
Viscosidad cinemática, 135 °C	mm ² s ⁻¹	175	--	250	--	300	--	350	--	400	--	ASTMD 2170
Punto de Inflamación	°C	177	--	219	--	232	--	232	--	232	--	NTE INEN 808
w, Solubilidad en tricloroetileno, ^c	%	99,0	--	99,0	--	99,0	--	99,0	--	99,0	--	NTE INEN 915
Gravedad específica 25 °C/25 °C		Informe		Informe		Informe		Informe		Informe		ASTMD70
Índice de Penetración ^e		-1,5 a +1		-1,5 a +1		-1,5 a +1		-1,5 a +1		-1,5 a +1		ASTM D5/D5M
Residuo de ensayos de película fina en horno rotatorio:												
Viscosidad, 60 °C	Pa s	--	300	--	500	--	800	--	1 200	--	2 000	ASTMD 2171
Cambio de masa	% w/w	--	1,5	--	1,0	--	1,0	--	1,0	--	1,0	ASTMD 2872
Ductilidad ^d , 25 °C [77 °F], 5 cm/min	cm	100	--	75	--	50	--	40	--	25	--	NTE INEN 916
^A Si la ductilidad es menor a 100, el material debe ser aceptado, solo si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 a una velocidad de tiro de 5 cm/min.												
^e Índice de penetración = $\frac{1952-500 \log pen-20 SP}{50 \log pen-SP-120}$												
donde: pen = penetración a 25 °C, 100 g, 5 s SP = punto de ablandamiento (°C) ASTM D36												

TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL CEMENTO ASFÁLTICOS AC 20						
PARAMETRO	MES	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
	PENETRACIÓN 60 a 110 mm		72	75	77	78
VISCOSIDAD ABSOLUTA; 300 a 800 Pa*s		219	212	202	289	280
VISCOSIDAD CINEMÁTICA 330 a 410 mm ² /s cSt.		383	382	373	362	367
DUCTILIDAD 50 a 70 cm/min		57	59	56	58	62

PUNTO DE ABLANDAMIENTO 30 a 157 °C	48	48	49	49	49
---	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Los valores reportados son la media de las determinaciones cada semana, muestreadas en el mes y sus desviaciones estándar

INTERPRETACIÓN DE DATOS



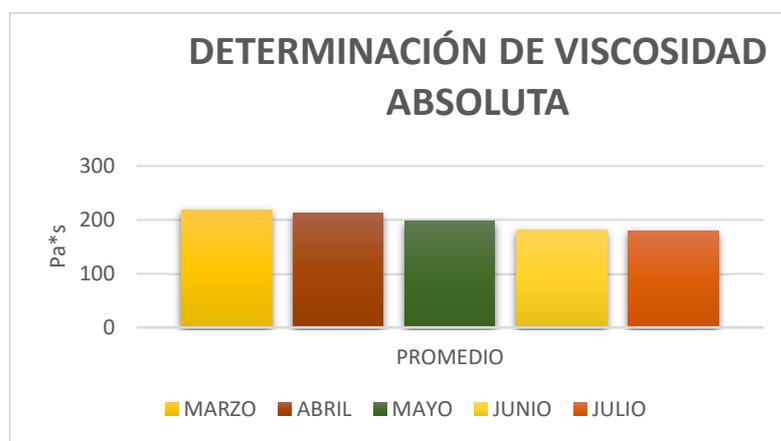
Al observar los resultados de Penetración medidos en 1/10 mm de la toma de muestra de los tanques de almacenamiento durante los meses de funcionamiento continuo marzo, abril, mayo, junio y Julio se observa que no existen diferencias significativas entre ellas y el rango permitido sabiendo que las especificaciones para el mismo son de 60 a 120 (1/10 mm).

Según la clasificación por grados de penetración de acuerdo a la norma ASTM-D5, el límite inferior del Índice de Penetración es -1.5 y el límite superior es +1, todas las muestras de asfalto analizadas en este estudio se encuentran normales según la clasificación, tendiendo al límite inferior del IP = -1,5.

Todas las muestras de asfalto analizadas en este estudio se encuentran distantes del límite inferior que es 60.

Esta magnitud es muy importante conocerla ya que junto a al análisis de Viscosidad Absoluta determinan si el cemento asfáltico está o no dentro de especificación.

El cemento asfáltico empleado en la investigación, realizado con muestras en REE, se lo caracterizo de acuerdo a los valores mínimos y máximos que nos presentan las normas INEN y se verifico con los parámetros que exige el MOP-001-F 2002.



Al observar los resultados de Viscosidad absoluta medidos en cSt de la toma de muestra de los tanques de almacenamiento durante los meses de funcionamiento continuo marzo, abril, mayo, junio y Julio se observa que existen diferencias, pero no muy significativas entre ellas y el rango permitido sabiendo que las especificaciones para el mismo son de 160 a 250 Pa*s.

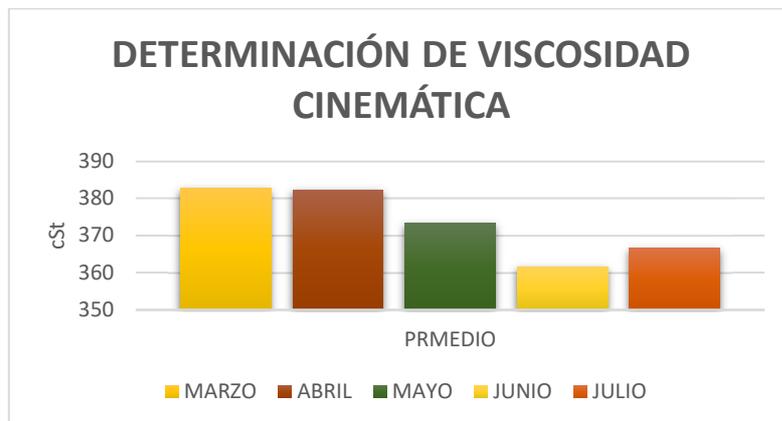
La principal finalidad de la viscosidad absoluta a 60°C es clasificar a los asfaltos. En este caso, la viscosidad absoluta para el asfalto convencional se encuentra dentro del rango establecido tanto en la normativa nacional (INEN), como internacional (ASTMD 2171), que clasifica a un asfalto como AC-20 al tener una viscosidad mínima de 160 y máxima de 240 Pa*s.

Para el asfalto convencional AC-6, la normativa INEN y ASTMD 2171 señalan que la viscosidad absoluta máxima a 60°C deberá ser de máximo 240 Pa*s, de manera que el asfalto convencional empleado en la investigación se encuentra cumpliendo la

especificación. El asfalto estudiado AC-20, tiene viscosidades absolutas mayores que la del asfalto convencional, de manera que se comprueba que el con el AC-20 aumenta la viscosidad del asfalto.

Por lo tanto, al comparar el asfalto empleado comúnmente en la provincia y el AC-20 objeto de estudio se evidencia que el incremento de la viscosidad absoluta del asfalto envejecido es superior a la viscosidad absoluta del asfalto sin envejecer en más de un 150% por lo que el AC-20 es un fluido con una altísima viscosidad y está muy cerca de ser un sólido, ya que sus partículas se atraen con una fuerza tal que impiden el movimiento entre ellas.

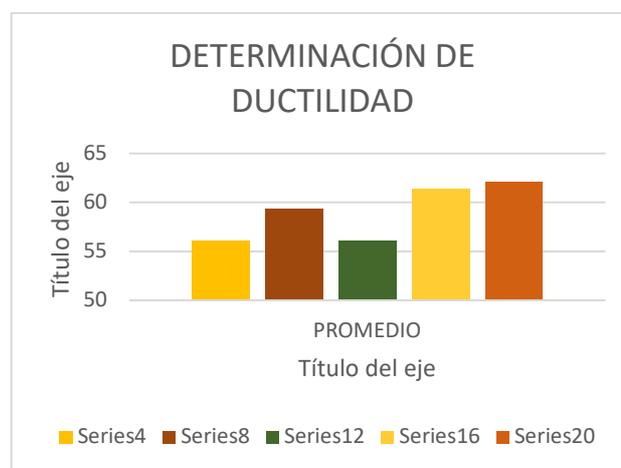
Esta magnitud es muy importante conocerla ya que junto a al análisis Penetración determinan si el cemento asfáltico está o no dentro de especificación.



Al observar los resultados de Viscosidad cinemática medidos en cSt de la toma de muestra de los tanques de almacenamiento durante los meses de funcionamiento continuo Marzo, Abril, Mayo, Junio y Julio las viscosidades dinámicas obtenidas a las temperaturas de 135, 150 y 177°C, permitieron establecer las curvas para determinación de las temperaturas de mezclado y compactación de la mezcla asfáltica se pudo apreciar que las viscosidades tienen un comportamiento creciente en función de los incrementos en porcentaje deseado en el asfalto, lo que nos indica que el asfalto AC-20 requiere de mayores temperaturas de mezclado y compactación que el asfalto convencional AC-6, esto debido a que el AC-20

tiene un efecto de mayor rigidez en el asfalto. Este parámetro es muy importante, ya que la determinación de temperaturas de mezclado y compactación adecuadas permite que la mezcla tenga mejores características.

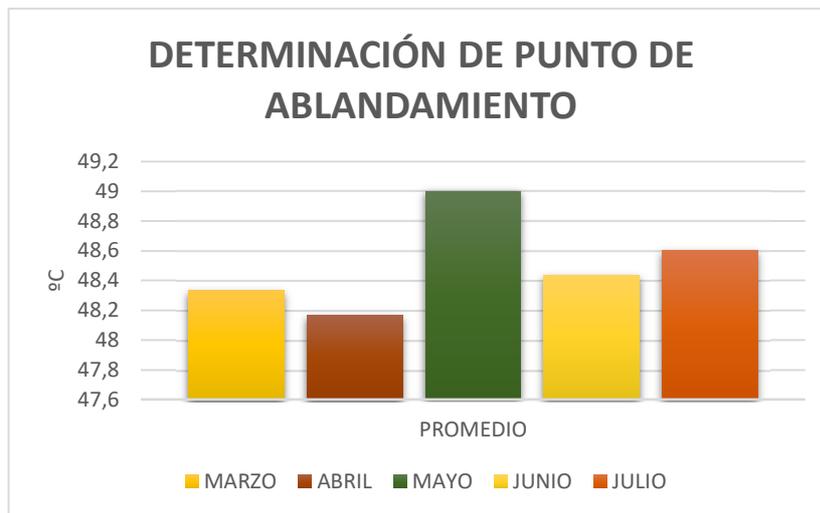
Se observa que las diferencias no son muy significativas entre ellas y el rango permitido sabiendo que las especificaciones para el mismo son de 330 a 410 mm² /s cSt.



Al observar los resultados de Ductilidad medidos en cm/min de la toma de muestra de los tanques de almacenamiento durante los meses de funcionamiento continuo marzo, abril, mayo, junio y julio se observa que no existen diferencias significativas entre ellas y el rango permitido sabiendo que las especificaciones para el mismo son de 50 a 70 cm/min

Al realizar una comparación entre la ductilidad del asfalto AC-6 y el AC-20, se evidencia que el comportamiento decreciente de la ductilidad del asfalto común frente al porcentaje que mantiene el AC-20. La ductilidad del asfalto convencional se ha reducido en más de un 40% frente a la ductilidad del asfalto AC-20 según lo establece la norma NTE INEN 916, lo que nos permite determinar que el asfalto convencional conforme avanza el tiempo de vida útil presenta incremento en su rigidez lo cual es fácil de observar en las vías donde las capas asfálticas presentan grietas. Esta magnitud es muy importante conocerla ya que nos permite conocer la posibilidad que tiene el cemento asfáltico AC-20 de experimentar

deformaciones más allá del límite elástico sin reducir de manera significativa su resistencia.



El punto de ablandamiento es la temperatura que el asfalto requiere para llegar a una consistencia determinada. Al observar los resultados del Punto de ablandamiento medido en °C de la toma de muestra de los tanques de almacenamiento durante los meses de funcionamiento continuo Marzo, Abril, Mayo, Junio y Julio se observa la variación de punto de ablandamiento entre el porcentaje más bajo en el asfalto y el más alto es de solo 1°C, lo que indica que la cantidad correspondiente a los porcentajes en análisis no es un factor netamente influyente en el punto de ablandamiento del asfalto estudiado, por lo que no existen diferencias significativas entre ellas y el rango permitido sabiendo que las especificaciones para el mismo son de 30 a 157 °C, dejan claro que el envejecimiento de los asfaltos, como regla general tiende a aumentar la consistencia del asfalto, evidenciándose que el residuo del asfalto convencional tiene puntos de ablandamiento mucho mayores que el AC-20.

DISCUSIÓN

Precalentar el capilar viscosímetro en un baño a 135 ± 5.5 °C (275 ± 10 °F), cargar inmediatamente con la muestra para minimizar las pérdidas de los componentes volátiles vertiendo la muestra con precisión de ± 2 mm de la línea de llenado.

Mantener el capilar cargado en el baño de viscosidad a 135 ± 5.5 °C (275 ± 10 °F), durante 10 ± 2 min para liberar las burbujas de aire.

Retirar el viscosímetro del baño mantenido a 135 °C (275 °F), transferirlo dentro de los siguientes 5 min, al baño que está a 60 ± 0.03 °C (140 ± 0.05 °F), secar cuidadosamente el capilar con papel absorbente, evitando dejar residuos de pelusa, para evitar la contaminación del aceite del baño de viscosidad.

Colocar el viscosímetro en posición vertical dentro del baño mantenido a la temperatura de ensayo 60°C (140°F), de tal manera que la marca de distribución superior del viscosímetro esté por lo menos 20 mm por debajo de la superficie del baño.

Estabilizar el vacío en 40.0 ± 0.07 KPa (300 ± 0.5 mm Hg) por debajo de la presión atmosférica con la válvula cerrada, conecte la manguera que conduce al sistema de vacío con el viscosímetro.

Luego que el viscosímetro haya permanecido dentro del baño durante 30 ± 5 min, inicie el flujo del asfalto en el viscosímetro abriendo la válvula de la línea que conduce al sistema de vacío.

Medir el tiempo requerido para que el borde inicial del menisco pase entre pares sucesivos de las marcas de distribución. (D-2171, 2018).

DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA EN CEMENTOS ASFÁLTICOS (ASTM D-2170)

Es la relación de la viscosidad con la densidad de la muestra, es una medida de la resistencia al flujo de un líquido por efecto de la gravedad. En el SI, la unidad de viscosidad cinemática es el milímetro cuadrado por segundo mm²/s.

Instrumentos y equipos de medición

- ❖ Baño de viscosidad cinemática.
- ❖ Dispositivo para medir el tiempo.
- ❖ Viscosímetros (CANNON FENSQUE OPAQUE TALLA 400)
- ❖ Termómetros
- ❖ Soporte para viscosímetros.

Toma y preparación de la muestra

Tan pronto como la muestra llegue al laboratorio de control se debe realizar una muestra compuesta en un recipiente de 500 ml.

En caso de ser necesario calentar la muestra con cuidado para evitar sobrecalentamiento local y minimizar las pérdidas de los componentes volátiles; hasta que se encuentre lo suficientemente fluida como para verter.

Transferir mínimo 20 ml a un recipiente adecuado, calentar a $135 \pm 5.5^{\circ}\text{C}$ ($275 \pm 10^{\circ}\text{F}$) con cuidado para prevenir un sobrecalentamiento localizado agitando la muestra ocasionalmente para asegurar un calentamiento uniforme, y teniendo cuidado de evitar el entrapamiento de aire.

Análisis de la muestra

Precalentar el viscosímetro de flujo inverso limpio y seco en un baño maría a $135 \pm 0.01^{\circ}\text{C}$ ($275 \pm 0.02^{\circ}\text{F}$) aproximadamente 10 min y cargar la muestra invertido el viscosímetro

inmediatamente para evitar pérdidas de los componentes volátiles, aplicando succión al tubo L e introduciendo el tubo N en la muestra líquido y llenar el bulbo A hasta la línea de llenado.

Limpie el producto adherido a las paredes externas del viscosímetro e invierta el viscosímetro a su posición vertical. Secar cuidadosamente el capilar con papel absorbente, evitando dejar residuos de pelusa, para evitar contaminación en el baño de viscosidad.

Colocar el viscosímetro cargado dentro del baño de viscosidad de preferencia en el centro del baño y dejar que fluya la muestra por gravedad aproximadamente a la mitad del bulbo B y colocar los topones en los tubos N y L respectivamente.

Mantener el viscosímetro aproximadamente 30 min, tiempo suficiente para asegurar que la muestra alcance la temperatura del baño.

Retirar los topones de los tubos N y L respectivamente para permitir que la muestra fluya por gravedad.

Una vez que fluya la muestra en el viscosímetro, medir el tiempo requerido con aproximación de 0.1 segundos para que el producto pase de la primera marca a la segunda y luego de la segunda a la tercera. (2170, 2018)

CONCLUSIONES

- En los parámetros escogidos para determinar las características fisicoquímicas (Penetración, viscosidad absoluta, viscosidad cinemática, ductilidad, punto de ablandamiento) del cemento asfáltico AC20, según los datos estadísticos en los cinco meses analizados hemos observado que la efectividad en el cumplimiento de las normas de calidad del cemento asfáltico AC 20 según la norma INEN 2515 se mantienen dentro de los niveles normales de especificación.
- El cemento asfáltico AC-20, tuvo resultados satisfactorios en todos los ensayos de caracterización como se muestra en la tabla N° 1, donde se indica la normativa y los valores con los que debe cumplir el cemento asfáltico AC-20, por lo que su uso se

puede emplear en mezclas asfálticas en calientes empleadas en la provincia y demás ciudades del país.

- Se verificó el cumplimiento de los parámetros de calidad exigidos para este tipo de material por el MOP-001-F 2002, estableciendo que el asfalto el AC20 si las tiene.
- Otra aportación importante del presente trabajo es la propuesta de implementación del cemento asfáltico AC20 para la provincia de Esmeraldas en procesos de control de calidad de las mezclas asfálticas tendidas y compactadas, ya que mediante la utilización de esta prueba se puede conocer de manera indirecta si la mezcla tendrá la durabilidad esperada, sobre todo considerando su capacidad para resistir deformaciones permanentes y si es capaz de resistir los daños por humedad y temperatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 2170, A. D. (2018). *Determinación de la viscosidad cinemática en cementos asfálticos*. West Conshohocken.
2. 36, A. D. (2014). *Determinación de punto de ablandamiento en materiales bituminosos*. West Conshohocken.
3. 92, A. D. (2009). *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester*. United States.
4. ALONSO, J. P. (13 de 9 de 2017). *Obtención de Asfalto desde el petróleo*. Obtenido de soluasfalt: <https://asfaltomadrid.com/asfalto-y-petroleo/>
5. alvaro_nfsu2. (23 de 06 de 2015). *Información proceso de visbreaking*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/269502838/Informacion-Proceso-Visbreaking>
6. Bahia, M. R. (1994). *Antecedentes de los metodos de ensayo de ligantes asfálticos de superpave*. lexington. KY.

7. contributors, E. (12 de 06 de 2012). *Asfaltos*. Obtenido de Asfaltos: <https://www.ecured.cu/index.php?title=Especial:Citar&page=Asfalto&id=1556133>
8. D-113, A. (2017). *Determinación de la ductilidad en cementos asfálticos*. West Conshohocken.
9. D-2171, A. (2018). *Determinación de la viscosidad absoluta en cementos asfálticos*. West Conshohocken.
10. D-5, A. (2019). *Determinación de la penetración de cementos asfálticos*. West Conshohocken.
11. G, I. L. (2008). *Química y características del petróleo y productos básicos*. Quito .
12. GARZÓN, E. (2013). *VARIACIÓN DE TEMPERATURA DE LOS COMPONENTES DE UNA MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO 3 CON CEMENTO ASFÁLTICO*. Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/914/2/Variaci%C3%B3n-temperatura-componentes-MDC_tipo-3-cemento%20asf%C3%A1ltico_80-100.pdf
13. Guillem Masoliver i Marcos, M. P.-S.-J. (2017). *Modelling in Science Education and Learning*.
14. Huang, S.-C. (2015). *Advances in asphalt materials road and pavement construction*. Cambridge: Elsevier.
15. INEN, N. (2010). *INEN 2515 Productos derivados del petróleo. Cemento asfáltico (clasificación por viscosidad) requisitos*. Quito .
16. Lopez, G. (25 de 10 de 2014). *ASFALTOS*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/gissellopez56/asfaltos-40712597>
17. Lopez, J. E. (21 de 10 de 2014). *Asfalto Natural*. Obtenido de Asfalto Natural: <https://es.scribd.com/document/243761116/Asfalto-natural-docx>
18. Lozano, H. L. (2019). *Tecnología del cemento asfáltico*.

19. Luis, C. C. (17 de 05 de 2013). *Tipos de Asfalto*. Obtenido de Tipos de Asfalto:
<https://es.slideshare.net/callecjl/tipos-de-asfalto-informe>
 20. Pampa, U. L. (25 de 10 de 2018). *Reacción del Asfalto a Temperatura Ambiente*. Obtenido de Reacción del Asfalto a Temperatura Ambiente:
<https://es.scribd.com/document/391552699/Fig>
 21. Romero, K. (28 de 6 de 2016). *Asfalto y su uso*. Obtenido de
<https://es.slideshare.net/katerineromero3/asfalto-y-su-uso>
 22. Sánchez, I. N. (02 de 04 de 2014). *Comportamiento Físico-Mecánico del Asfalto*. Obtenido de Comportamiento Físico-Mecánico del Asfalto:
<https://civilgeeks.com/2014/04/02/comportamiento-fisico-mecanico-del-asfalto/>
 23. Soto, J. (19 de 10 de 2016). *Ligantes Bituminosos*. Obtenido de Ligantes Bituminosos :
<https://es.slideshare.net/RibBrian/0900-asfalto>
 24. TECNOLOGÍA, U. M. (2004). *Pavimentos*.
 25. Teresa Lopez Montero, R. M. (2015). *El envejecimiento en las mezclas asfálticas*. Obtenido de https://www.ptcarretera.es/wp-content/uploads/2017/07/05_UP-catalun%CC%83a_CT-2015_Final.pdf
- Utrilla, A. d. (18 de 5 de 2007). *La Catarina UDLAP*. Obtenido de La Catarina UDLAP:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/de_1_a/capitulo1.pdf
- Venturini, I. L. (19 de 03 de 2019). *ADHERENCIA EN LA VIDA DEL PAVIMENTO*. Obtenido de <https://www.carreteras-pa.com/reportajes/la-adherencia-en-la-vida-del-pavimento/>
- Yenny. (09 de 07 de 2012). *Asfalto en obra civil*. Obtenido de Asfalto en obra civil:
<http://asfaltoenobracivil.blogspot.com/2012/07/5-obtencion-del-asfalto-en-refinerias.html>