

## **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE UNA MASILLA ASFÁLTICA OBTENIDA A PARTIR DE LA RESINA DE PINO**

### **ANALYSIS OF THE REOLOGICAL BEHAVIOR OF AN ASFALIC MASK OBTAINED FROM PINE RESIN**

**Saray Núñez González<sup>I</sup>, Maricela González Pérez<sup>II</sup>, Ada Casal Viqueira<sup>III</sup>**

I: Ingeniera Química, Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río. saray@vrect.upr.edu.cu

II: Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río. maricela@vrect.upr.edu.cu

III: Centro de Investigaciones del Petróleo. La Habana. casal@ceinpet.cupet.cu

---

#### **RESUMEN**

En Cuba, el diseño de cada una de las construcciones incluye el sistema de impermeabilización de cubierta y aunque este sistema refleje de manera clara y precisa la utilización de mastiques para el sellaje de juntas, se ha identificado que por problemas de estabilidad en su producción un por ciento significativo de edificaciones se construyen sin sellar las juntas constructivas, situación que trae a colación un 61% de construcciones con problemas de filtración en el país. Para solucionar el problema anterior se han fabricado varios tipos de masillas teniendo como componentes asfalto oxidado, aguarrasina, caucho sintético, solventes orgánicos, entre otros. La producción de masillas no es solo insuficiente para abastecer la alta demanda existente, sino que además la ofertada presenta problemas de calidad, dados por: baja ductilidad, alta tendencia a la cristalización y presencia de solventes orgánicos dentro de su composición; que trae como consecuencia la disminución de la durabilidad del sistema de impermeabilización que la contiene. Superar las insuficiencias anteriores a partir del uso de la resina de pino natural en la composición de la masilla, constituyó la esencia de la obtención de un producto de este tipo con propiedades reológicas competitivas con las comercializadas en el país. En la investigación que se propone, se parte del análisis químico de los componentes fundamentales de la masilla, se prepara el diseño de las posibles combinaciones caracterizándose las mismas. Por último se obtiene la masilla asfáltica que cumple con los requerimientos que establecen las normas para este tipo de producto evaluándose las propiedades reológicas del mismo.

**Palabras claves:** resina de pino, masilla asfáltica, masticque, selladores de junta, impermeabilizantes.

---

## **ABSTRAT**

The complete design of buildings require of good an non-impermeably system to cover the construction, however it have been identify some problems in the stability of the sealing or mastic used, so more than 61% of the construction had a problems nowadays, in Cuba. In order to solve this problem, many mastiques have been obtained from different components of oxidized-asphalt, turpentine and organic solvent, etc. Up to now, the MICONS have produced mastic but still is not sufficient to supply the internal necessities. Moreover many of them have quality problems due to the fact of low conductivity, high glass tendency and the presence of organic solvent in its composition, which will reduce the durability of the impermabilization system. One way to over come this situation is to use the natural pine's resins as a main component of the sealing mastic. So here we obtained three prototypes of asphalt mastic. In this study, we have starting with a statitical analyzes of the technical parameters of the three porposed combinations of the mastic from the pines` s resins, and detemining the best combination to be used as Impermeability Cover Systems which are equivalent to the commertial products according to the internacional regulations for these products.

**Keywords:** resins, joint-sealing, derived pine resins product, waterproof, sealing.

---

## **INTRODUCCIÓN**

El agua es un agente agresor de las construcciones, degradando los materiales componentes de los cimientos, de las fachadas y de las cubiertas, pudiendo provocar a largo plazo su ruina. Existen reportes que plantean que de cada 5 accidentes que se producen en las edificaciones, en cuatro intervienen las humedades de forma más o menos directa. Resulta por tanto ineludible la búsqueda de soluciones técnicas y el manejo de nuevos productos que ayuden a los proyectistas a evitar resolver la problemática de las humedades por daños y lesiones en la cubierta y obra de los edificios.

El desarrollo de las técnicas constructivas a lo largo del tiempo ha llevado consigo una mejora de sus prestaciones, incorporando nuevos productos y nuevas tecnologías, todo ello encaminado hacia una mayor calidad de vida y durabilidad de las construcciones.

En el país se han fabricado varios tipos de masillas teniendo como componentes asfalto oxidado, aguarrasina, caucho sintético, solventes orgánicos, entre otros.

De manera general los sistemas de impermeabilización de cubiertas están compuestos por tres elementos fundamentales: un imprimante que logra compatibilizar el soporte con la manta, una masilla asfáltica para el sellaje de las juntas constructivas y una manta o lámina prefabricada que constituye el cierre del proceso de impermeabilización.

Cada uno de los componentes son importantes en el sistema y de la efectividad de su función, el modo de aplicación y la calidad de cada producto, depende la garantía del proceso de impermeabilización de cubierta.

Las masillas asfálticas son materiales pastosos y semipastosos utilizados para sellar remates de terminación de puntos singulares, juntas, etc.

El objetivo general de la investigación que se presenta como resultado, ha sido la evaluación de las propiedades reológicas de una masilla asfáltica obtenida a partir de la combinación de resina de pino, asfalto industrial 50/70 y material de relleno.

## **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

El inicio de la impermeabilización data desde que el hombre comenzó a utilizar los materiales más cercanos a su medio: las ramas de los árboles, la madera, la piedra, la arcilla, el barro etc. Además de la posibilidad de obtener los materiales, en su determinación de ir progresivamente desechando los primitivos e ir localizando o llegar a producir otros, la experiencia de no lograr fácilmente la estanqueidad deseada, debió haber influido para la búsqueda de soluciones que evitasen lo que aún subsiste en las construcciones como FILTRACIONES.

La búsqueda de soluciones de materiales flexibles y ligeros no tan solo para la protección de las cubiertas sino para las edificaciones en su conjunto provocó que aparecieran entonces, los medios o sistemas de impermeabilización a base de productos asfálticos.

En el sentido más amplio denominamos impermeabilización al tratamiento que se aplica a una determinada superficie o elemento de una edificación para prevenir el paso del agua o la humedad a través de ella.

La cubierta es la parte del edificio que más se expone a los cambios bruscos de temperatura y a los efectos de la trepidación, por lo tanto, el sistema de impermeabilización debe tener elasticidad y plasticidad suficiente para asimilar sin agrietarse los movimientos debidos a las citadas causas.

De forma general los sistemas de impermeabilización están compuestos por:

- Aparejo, emulsión, primer, imprimante o tinta: Líquido de base asfáltica que se utiliza para compatibilizar el soporte base con la manta impermeable.
- Masilla Asfáltica: Masilla de base bituminosa o asfáltica utilizada para remates de terminación de puntos singulares, juntas, etc.
- Membrana, manta o lámina asfáltica: Lámina asfáltica prefabricada, comercializada en rollos.

Atendiendo al tipo de producto se clasifican en: Productos asfálticos, productos de caucho, productos de fibra sintética y productos de barro cocido.

Cada componente del sistema de impermeabilización es vital en el proceso, se ha detectado, por parte de los especialistas del Comité Nacional de Impermeabilización en Cuba, como una de las causas mas frecuentes, que en el momento de la impermeabilización, no se cuente con la masilla o mastique para el sellado de las juntas constructivas por lo que se lleva a cabo el proceso sin este material, lo que provoca en un breve periodo de tiempo y en la mayoría de los casos problemas de impermeabilización.

De lo anterior se infiere la necesidad de profundizar en la situación que presentan las masillas o mastiques en los sistemas de impermeabilización del país.

### Caracterización de las masillas asfálticas

Se denominan mastiques bituminosos a los materiales elaborados, de consistencia más o menos pastosa, que tienen en su composición asfaltos naturales, betunes asfálticos, oxiasfaltos, con materia mineral fina (filler o carga mineral) o fibrosa. Pueden contener además, disolventes idóneos, plastificantes u otros aditivos.

Propiedades reológicas:

La reología es la rama de la física que estudia las propiedades del flujo y deformación de la materia, como la viscosidad, elasticidad, ductilidad, fragilidad.

Viscosidad

La viscosidad se define como la resistencia de los sólidos a la deformación y se debe al rozamiento interno de las moléculas.

Punto de reblandecimiento.

Los asfaltos, incluso los más duros, no son sólidos verdaderos y, por tanto, no puede hablarse de punto de fusión de los asfaltos en su estricto sentido físico. Se define en los asfaltos un punto de reblandecimiento convencional que es la temperatura a la que el asfalto alcanza determinado estado de fluidez.

Penetración.

El ensayo de penetración es el que usualmente se emplea para la determinación de las propiedades de fluencia de los productos asfálticos de viscosidad muy elevada.

Ductilidad.

La ductilidad puede definirse como la capacidad de un asfalto de sufrir alargamientos sin disgregación de su masa.

### Masillas Comercializadas en Cuba

En Cuba existen varias firmas encargadas de comercializar los materiales de la construcción como son Imeco, Escambray, Serviconst y Perdurit. No se reporta en ninguno de los casos importación de masillas asfálticas, por lo que la utilización de estas se resume solo a las cantidades que se producen en la Fábrica de Impermeabilizantes El Cano y que son comercializadas por Perdurit.

Los especialistas de la Fábrica El Cano han producido tres tipos fundamentales de masilla de base asfáltica, el Asfaltile, el Charon y el Juntimper, de los cuales mantienen una producción estable solo del Asfaltile ya que las demás producciones han sido destinadas especialmente para obras especificadas.

El caso puntual del Asfaltile es una masilla que se utiliza como componente de un sistema de impermeabilización que está compuesto además por una pintura imprimante Pintubit y una manta asfáltica denominada Lamiasfal, y que tiene como aplicación el sellaje de juntas constructivas.

La experiencia de comercialización y aplicación del Asfaltile como masilla selladora de los sistemas de impermeabilizados supera los 10 años, y aunque se mantiene una producción estable, presenta propiedades que limitan su efectividad para el sellado de juntas. Dentro de las principales insuficiencias y limitaciones que podemos nombrar en el caso del Asfaltile esta la baja ductilidad, la presencia en su composición de un alto contenido de solventes trae como consecuencia que al ser expuesto a la intemperie, los solventes se volatilicen y tienda a cristalizarse y consecuentemente se agriete permitiendo la permeabilidad de la masilla. Otra de las consecuencias que tiene el por ciento de solventes esta relacionados con su bajo punto de inflamación lo cual requiere de condiciones de almacenamiento controladas, el embalaje de la misma debe ser en recipientes cerrados.

#### Masillas comercializadas en el mercado internacional

Existe una amplia gama de masillas comercializadas en el mercado internacional. La mayoría de los comercializados son obtenidos a partir de cauchos sintéticos (Estireno-Butadieno-Estireno), aditivos plastificantes, silicona, resinas epóxicas entre otros. Los usos, aplicación y propiedades reológicas varían. Dentro de los ejemplos que podemos citar se encuentra el Mastique Polyguard 650, utilizado fundamentalmente para proteger bordes, terminaciones de juntas, solapas y parches, entre otras. El caso específico de este tipo de mastique muestra un inconveniente que esta relacionado con su bajo punto de inflamación o también llamado de destello que en un embase cerrado es de 41°C, necesitando condiciones controladas de almacenamiento.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se evaluaron tres muestras propuestas a partir de un análisis anterior teniendo en cuenta los por cientos de cada uno de los componentes de las masilla asfálticas preparadas. Se determinaron las propiedades reológicas de cada una de las muestras de masilla a partir de la Normas Cubanas aprobadas por la Oficina de Normalización en Cuba.

En principio se caracterizaron las muestras de resina de pino y el asfalto industrial utilizado en la fabricación de las muestras de misilla, para lo cual se utilizaron las Normas Cubanas y ASTM que validan internacionalmente la calidad de esos materiales.

#### Determinación de los parámetros técnicos de la masilla asfáltica

##### Determinación de la ductilidad de materiales bituminosos

La ductilidad de un producto bituminoso representa la elasticidad del mismo, lo que representa la capacidad de sufrir alargamientos sin disgregación de su masa y se cuantifica como la distancia máxima que en cm. se retira una probeta hasta el instante de la rotura.

El ensayo se realiza a partir de estirar los dos extremos de una probeta de muestra con una velocidad de tracción de 50 mm  $\pm$  5% por minutos a la temperatura de 25°C  $\pm$  0.5 °C. Las condiciones de velocidad y temperatura se especifican según el material a analizar.

##### Determinación de la consistencia de materiales bituminosos. Ensayos de penetración

La penetración se define como la distancia expresada en décimas de milímetros que una aguja normalizada penetra verticalmente dentro de una muestra bajo condiciones específicas de carga, tiempo y temperatura.

Se definen como condiciones específicas de ensayo, una temperatura de 25°C, durante un tiempo de 5 segundos y con una carga móvil, que incluidas la aguja y sus uniones, será igual a 100 gramos. Estas condiciones se consideran válidas y aplicables hasta valores de penetración de 350 como máximo.

#### Determinación de la densidad

Para determinar la densidad másica de la masilla se utilizó la siguiente expresión:

$$\rho = m/V$$

donde:

M- Es la masa del cuerpo en gramos.

V- Es el volumen del cuerpo en metros cúbicos.

$\rho$  - Densidad másica en gramos por metros cúbicos.

Para la determinación del volumen se tomó un probeta graduada en centímetros cúbicos, se le colocó dentro la masilla y se midió el volumen de líquido desplazado. Esto fue posible dado que la masilla no es soluble en agua y su densidad es mayor que la del agua, por lo que quedó completamente sumergida en este líquido.

La determinación de la masa se realizó con una balanza Triple Beam Balance, OHAUS, de una precisión de 0.01 g.

#### Determinación del punto de inflamación y combustión de los materiales bituminosos con la copa abierta Cleveland

Se llena la copa con el material calentado previamente homogenizándolo hasta alcanzar la fluidez adecuada para ser vertido en la misma y en especial en los productos de elevada viscosidad, de tal forma que el tope del menisco quede exactamente enrasado al nivel de la línea o marca de llenado que posee la copa.

Se enciende el mechero y se ajusta la llama de ensayo de forma que presente un diámetro entre 3 y 5 mm.

Se aplica el calor de manera que se consiga una velocidad inicial de aumento de la temperatura entre 14 y 17°C por minuto hasta una temperatura próxima a la estimada de inflamación y se aconseja disminuir la velocidad de elevación de la temperatura.

Posteriormente se comienza a realizar la operación de barrido con la llama de prueba sobre la muestra de ensayo, esta será suave y uniforme.

Se registrara como punto de inflamación la temperatura leída en el termómetro cuando se produzca el primer destello en algún punto de la superficie de la muestra de una de las pasadas de la llama. No debe confundirse el verdadero destello de la inflamación con un halo azuloso que en ocasiones rodea o acompaña la llama de la muestra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Indicadores de Calidad de la resina de Pinus caribaea var caribaea

Se caracterizó la resina de *Pinus caribaea var. caribaea* proveniente de la zona de Macurije, en los laboratorios del Centro de Estudios Forestales de la Universidad de Pinar del Río, utilizando las Normas especificadas en el epígrafe de Materiales y Métodos los resultados se reflejan a continuación en la tabla 1.

**Tabla 1**  
Indicadores de calidad de la resina

Muestra	Indicadores de calidad			
	Índice Acidez	Índice de saponificación	Material insaponificable	Impurezas (%)
Resina	140-145	144 - 148	37	0,2 -12

*Fuente: Elaboración propia*

### Caracterización del asfalto obtenido

Se determinaron las propiedades reológicas del asfalto en el Centro de Investigaciones del Petróleo en La Habana arrojando los siguientes resultados:

- Consistencia medida a 25°C, con una carga móvil de 100g en un tiempo de 5seg: 50/70.
- Punto de Ablandamiento: 40-51°C.
- Ductilidad: +100 cm
- Fluye a temperatura ambiente

### Selección de la muestra

Se tuvieron en cuenta inicialmente, la temperatura de mezclado y el tiempo de agitación como variables independientes. Simulando el proceso de obtención de la masilla en condiciones industriales estas variables dejan de ser significativas por cuanto el proceso se realiza a temperatura de mezclado y tiempo de agitación constante por lo que no influyen directamente en la selección de la muestra óptima. Teniendo en cuenta los porcentajes de los componentes en la mezcla se realizaron las combinaciones posibles atendiendo a la función de cada uno de los componentes en la misma. Ver tabla 2.

**Tabla 2**  
Muestras analizadas

Nº	% en cada una de las muestras			
	Resina	Asfalto	Talco Industrial	Fibra de asbesto
1	40-45	40-45	5-10	5-10
2	48-50	32-34	8-10	4-6
3	46-48	30-32	10-12	6-8
4	34-36	50-52	8-10	4-6
5	48-50	32-34	6-8	10-12

*Fuente: Elaboración Propia*

Dentro de las desventajas que presenta el asfalto para ser utilizado en estado natural como impermeabilizante se encuentra la propiedad que tiene de oxidarse a altas temperaturas., de tal modo que las moléculas al reaccionar con el oxígeno ocasiona que la estructura del ligante se haga más dura y frágil lo que se conoce como "envejecimiento por oxidación". Amadeo Fernández, W., 2005.

Teniendo en cuenta que nuestro país es de clima tropical se realizó el análisis del comportamiento de las muestras a temperatura ambiente y a pendientes de un 3%, tabla 3.

**Tabla 3**  
Análisis de la fluidez y consistencia a temperatura ambiente

Muestra	Fluidez y consistencia
1	No Fluye, semisólida
2	No Fluye, semisólida
3	No Fluye, semisólida
4	Fluye, casi líquida
5	No fluye, Muy dura

Se comprobó que una de las mezclas obtenidas, en este caso la número 4, de una proporción mayor de asfalto, fluía a temperatura ambiente. La muestra 5 resultó de una dureza extrema por la composición alta de fibra de asbesto. Ambas muestras dejaron de ser significativas por poseer estas deficiencias técnicas.

Se le realizó la caracterización a las tres muestras restantes arrojando los siguientes resultados, ver tabla 4.

**Tabla 4**  
Caracterización de las muestras obtenidas

Ensayo	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3
Penetración (dmm)	205	107	100
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.11	1.10	1.08
Ductilidad (cm)	30	13	24
Pto de rebland. (°C)	42.5	48.0	48.5
Pto Inflamación (°C)	87.8	79.4	77.8
Permeabilidad	Impermeables.		
Comportamiento Intemperismo	El comportamiento es malo, la mezcla presenta tendencia fuerte a deslizarse en pendientes suaves, se producen ampollas en toda la superficie en los primeros estadios de exposición a la radiación solar, y posteriormente la superficie se agrieta totalmente	El comportamiento es satisfactorio. La mezcla se comporta de forma estable a la exposición directa con baja tendencia a ampollarse, al agrietamiento o a fluir de forma espontánea en pendientes suaves. La mezcla manifiesta una buena estabilidad a la exposición directa.	El comportamiento es regular, la mezcla no presenta tendencia a deslizarse de forma espontánea, en pendientes suaves, pero se producen ampollas en toda la superficie en los primeros estadios de exposición a la radiación solar, y posteriormente la superficie se agrieta totalmente.
Comportamiento en	La mezcla presenta	La mezcla presenta	La mezcla se presenta

sellaje de Juntas	condiciones regulares de penetración en caliente, y suficiente plasticidad para absorber movimientos entre los elementos. La junta necesita un sellaje de contención inferior con lechada de cemento para evitar que la mezcla se derrame. La mezcla debe ser protegida de la exposición directa a la radiación por la parte superior.	muy buenas condiciones de penetración en caliente, y suficiente plasticidad para absorber movimientos entre los elementos. Para juntas de abertura superior a los 2 mm, se necesita un sellaje de contención inferior con lechada de cemento para evitar que la mezcla se derrame. Es necesaria la protección del intemperismo por la parte superior.	con bajas condiciones de penetración en caliente en juntas estrechas, aunque presenta suficiente plasticidad para absorber movimientos entre los elementos. Para juntas de abertura superior a los 3 mm, se necesita un sellaje de contención inferior con lechada de cemento para evitar que la mezcla se derrame. Es necesaria la protección del intemperismo por la parte superior.
-------------------	--	---	--

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de las caracterizaciones arrojan como conclusión que la muestra que cumple con los requisitos es la Muestra 2. Se compararon estos resultados con los datos técnicos de las masillas fabricadas en el país, ver tabla 5.

**Tabla 5**

Comparación de los parámetros técnicos que caracterizan a la masilla desarrollada (RESAFAL) con la de sus homólogos comerciales

Denominación	RESAFAL	ACRIFLEX	Jointflex Vial EBS	KBMP Tipo C	ASFALTILE (Comercializada en Cuba)
Base	Asfalto industrial/Resina de <i>Pinus caribaea var caribaea</i>	Caucho acrílico	Cauchos sintéticos SBS (Estireno-Butadieno-Estireno)	polímeros elastomérico	Oxiasfalto plástico
Método de Aplicación	Aplicación en caliente	Aplicación en frío	Aplicación en caliente	Aplicación en caliente	Aplicación en frío
Adherencia al sustrato	Gran adherencia	Gran adherencia	Gran adherencia.	Gran adherencia	Gran adherencia.
Aspecto.	Semisólido de color negro.	Consistencia semifluida	Sólido	Semisólido	Pasta color negro.
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.10	1.5	No se reporta	No se reporta	1.03
Consistencia.	100g/25°C/5seg: 107 dmm.	100g/25°C/5seg: 240-260 dmm	100g/25°C/5seg: 50 dmm	a25°C c/cono (0,1 mm) < 90	150g a 25°C: 3-8seg.
Pto. Inflamación (°C)	56	No se reporta	No se reporta	No se reporta	45
Ductilidad	13	Alargamiento del 10-15%	No se reporta	25°C > 65	Menor que 2.

Fuente: Elaboración propia a partir del Informe de Certificación del Laboratorio Provincial de Control de la Calidad, ENIA, Septiembre 4, 2006. Se anexa a este documento.

Como se puede apreciar los parámetros de calidad de la masilla asfáltica obtenida a partir de la resina de pino son comparables con los parámetros de las masillas fabricadas en el país. Dentro de las principales ventajas que tiene este producto respecto a los demás está el ser obtenida a partir de la resina de pino, un producto forestal renovable y de producción nacional al igual que los demás componentes. Tiene un punto de inflamación superior lo que significa que tiene un mayor rango para evaluar las condiciones de almacenamiento. El valor de la ductilidad es superior lo que representa una mayor capacidad de sufrir alargamiento sin disgregarse su masa. Por último la aplicación en caliente garantiza la total penetración de la masilla en la junta donde se aplica.

## CONCLUSIONES

- A partir de la resina de *Pinus caribaea var. caribaea* es posible obtener una masilla asfáltica para el sellado de juntas constructivas como componente de los sistemas de impermeabilización de cubierta partiendo de la combinación de 48 -50% de resina de *Pinus caribaea var caribaea*, 32 - 34% de asfalto industrial de penetración 50/70, 8 - 10% de talco industrial y 4-6% de fibra de asbesto.
- La masilla tiene un valor de penetración de 107 dmm, una densidad de 1.10 g/cm<sup>3</sup>, una ductilidad de 13 cm, un punto de reblandecimiento de 48 0C, un punto de inflamación de 79.4 0C y una permeabilidad de 0.0001 milidarcys, propiedades reológicas comparables a las comercializables en el mercado internacional.
- El producto fue validado en condiciones de aplicación, para lo cual se valoró el comportamiento a la intemperie y en el sellado de juntas, el cual se mantuvo de forma estable a la exposición directa con baja tendencia a ampollarse, al agrietamiento o a fluir espontáneamente en pendientes suaves, además presenta excelentes condiciones de penetración en caliente y suficiente plasticidad para absorber movimientos entre los elementos de la estructura todos estos parámetros comparables con los comercializados en el mercado nacional e internacional.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Martínez, A. Dirección de Ciencia y Técnica. MICONS. La Habana. Cuba. 2006.
2. Ministerio de la Construcción. Sistemas de impermeabilización con láminas asfálticas prefabricadas, CENCSUT. La Habana. 2000.
3. Núñez González, S. et al. Estudio sobre la utilización de la resina de *Pinus sp.*, en la obtención de productos impermeabilizantes. Memorias del III Taller Internacional por el Desarrollo Sostenible. DEFOR. 2005.
4. Santos Peraza, H. La impermeabilización de cubiertas, su influencia en la explotación y durabilidad de las construcciones. Editorial del Centro de Información del Ministerio de la Construcción. La Habana. 1982.
5. Velásquez, M. Asfaltos. Edición revolucionaria. Instituto cubano del libro. La Habana. 1972.

Recibido: Mayo 2012  
Aprobado: Septiembre 2012

*Saray Núñez González<sup>I</sup>*. Ingeniera Química, Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río.  
saray@vrect.upr.edu.cu