



ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL ASFALTO CONVENCIONAL PRODUCIDO EN LA REFINERÍA DE ESMERALDAS, PARA PROPONER ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES CON POLÍMEROS.

Eduardo Humberto Ortiz Hernández ¹

Ingeniero Civil. Master en Obras viales y Pavimentos
Profesor en la Universidad Técnica de Manabí. e-mail ehortiz@utm.edu.ec

Lucia Katherine Macías Sánchez ²

Ingeniera Civil. Especialista en Laboratorio de Mecánica de suelos, concreto y asfalto. e-mail chinkams@hotmail.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Eduardo Humberto Ortiz Hernández y Lucia Katherine Macías Sánchez (2018): "Análisis de las características y propiedades del asfalto convencional producido en la refinería de Esmeraldas, para proponer alternativas de mejoramiento de las propiedades con polímeros.", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (septiembre 2018). En línea

[//www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/propiedades-asfalto-convencional.html](http://www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/propiedades-asfalto-convencional.html)

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad analizar las características y propiedades del asfalto convencional producido en la Refinería de Esmeraldas, para proponer alternativas de mejoramiento de las propiedades con polímeros; haciendo diferentes ensayos utilizando el asfalto producido en la Refinería de Esmeraldas obtenido en el Consejo Provincial de Manabí.

El asfalto producido en la Refinería de Esmeraldas, están sujetos a cumplir con las normas de calidad establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN("Productos derivados del Petróleo. Cemento Aafaltico (Clasificació por viscosidad). Requisitos," 2009).

Los objetivos que se persiguen con la modificación de los asfaltos, es contar con ligantes más resistentes a los cambios de temperaturas para reducir las deformaciones, aumentando su rigidez. Por otro lado disminuir el fisuramiento por efecto térmico a bajas temperaturas y por fatiga, aumentando también su elasticidad.

La modificación de asfalto es una nueva técnica utilizada para el aprovechamiento efectivo en la pavimentación de vías(Múnere & Ossa, 2014). Esta técnica consiste en la adición de algún producto químico a los asfaltos convencionales con el fin de mejorar sus propiedades. Se hicieron un total de doce ensayos diferentes, seis con el asfalto convencional en estado puro y seis con el asfalto modificado.

Palabras claves

Consistencia, Durabilidad, Resistencia, Pavimentos Asfáltico, Asfaltos modificados, Polímeros

ABSTRAC

he purpose of this research is to analyze the characteristics and properties of the conventional asphalt produced in the Esmeraldas Refinery, to propose alternatives for the improvement of properties with polymers; doing different tests using the asphalt produced in the Esmeraldas Refinery obtained in the Provincial Council of Manabí.

The asphalt produced in the Esmeraldas Refinery, are subject to comply with the quality standards established by the Ecuadorian Institute of Normalization INEN ("Petroleum Products, Aafaltico Cement (Classification by Viscosity) Requirements," 2009).

The objectives that are pursued with the modification of the asphalts, is to have binders more resistant to the changes of temperatures to reduce the deformations, increasing their rigidity. On the other hand reduce the cracking by thermal effect at low temperatures and fatigue, also increasing its elasticity.

The modification of asphalt is a new technique used for effective use in road paving (Múnera & Ossa, 2014). This technique involves the addition of some chemical to conventional asphalts in order to improve their properties. A total of twelve different tests were made, six with the conventional asphalt in its pure state and six with the modified asphalt.

Keywords:

Consistency, Durability, Resistance, Asphalt Pavements, Modified Asphalts, Polymers

1.- INTRODUCCIÓN

En Norteamérica los polímeros fueron introducidos en los años cincuenta y encontraron un mercado pequeño pero constante. Al pasar de los años el uso de los polímeros aumentó, especialmente después de la introducción y desarrollo de Autopistas (Strategic Highway Research Program, SHRP), a partir del cual se desarrollaron especificaciones de ligantes asfálticos Superpave Performance Graded (PG) a principios de los años noventa en los EE.UU.(Salazar, 2008)

Los asfaltos son ligantes que se encuentran de diversas maneras en la naturaleza o se pueden producir por el hombre a partir del proceso de destilación del petróleo en una planta de refinación. En la naturaleza se pueden encontrar en estado puro o con una matriz de agregados petreos gruesos o finos (Figuroa Infante, Reyes Lozano, Hernández Barrera, Jiménez, & Bohórquez, 2007).

El material asfalto tiene aplicaciones relativamente limitadas comparado con otros materiales de Ingeniería. Sin embargo, se requiere de una gran variedad de ensayos para poder establecer y controlar sus propiedades mecánicas(Thenoux, 2012).

Los continuos deterioros muy prematuros que se vienen presentando en la superficie de rodadura de las carreteras de la Provincia de Manabí y en especial en la vía Tosagua ha conllevado a realizar la investigación, con el objeto de verificar las propiedades físicas – mecánicas de los materiales que se emplean en la elaboración de las mezclas para pavimento flexible así como también realizar un diseño con la incorporación de polímeros (E. O. Hernández, Moncayo, & Sánchez, 2018)

Uno de los problemas con el que permanentemente se enfrentan los ingenieros de pavimentos es la calidad y heterogeneidad del asfalto que se obtiene en las refinerías y que está sujeto a las características de los crudos en cada uno de los pozos encontrados (Reyes-Ortiz, Camacho-Tauta, & Londoño León, 2013). Es decir, no solo es una limitación de la naturaleza sino también de equipos para poder normalizar todas las características posibles (Cárdenas & Fonseca, 2013), además de igual forma la calidad del suelo donde es asentada la estructura que en algunos casos presentan alto grado de expansión(E. H. O. Hernández, Moncayo, Sánchez, & de Calderero, 2017)

Las vías terrestres son una fuente indispensable para el desarrollo y la sostenibilidad de un país, una ciudad, municipio, pueblo, etc., por lo tanto, el material con el que se fabrican estas vías debe ser muy resistente, durable y de buena calidad.(E. O. Hernández et al., 2018)

Los asfaltos tienen propiedades ligantes y aglutinantes, compuestos en gran parte por hidrocarburos de consistencia semisólida a temperatura ambiente, pero pueden ser más fluidos en la medida en que se les incrementa la temperatura (Arenas, 2006).

En nuestro país las especificaciones y normativas con respecto a carreteras están establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Publicas en el manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F 2002, mismo que se basa en las normativas americanas como la AASTHO (The American Association of State Highway and

Transportation Officials) y ASTM (The American Society for Testing and Materials)(Testing & Materials, 1983).

El deterioro considerable de las capas de rodadura, ha llevado a esta investigación para mejorar las condiciones de resistencia del asfalto y así plantear alternativas que hagan que las carpetas asfálticas más duraderas , las muestras utilizadas fueron procedente del Consejo Provincial de Manabí producido en la Refinería de Esmeralda, el muestreo del asfalto se lo realizó cumpliendo lo establecido con la Norma NTE INEN 922 Materiales Bituminosos (Herrera, Botasso, Cachago, Cajo, & Palma, 2006).

El modificador de asfalto usado para la realización de este trabajo investigativo fue Zyco Therm, el cual está especialmente formulado para asfaltos modificados para mezcla en caliente, donde es un reactivo a temperatura ambiente, soluble en agua y estable hidrolíticamente que mejora el desempeño del asfalto

El uso de asfaltos modificados permite obtener mezclas asfálticas de mayor durabilidad y comportamiento bajo las cargas de tránsito. La tecnología de asfaltos modificados se emplea desde hace varios años en diferentes países del mundo(Cárdenas & Fonseca, 2013). Estos tipo de polímero generalmente produce un incremento en la resistencia mecánica de las mezclas a altas temperaturas debido a que el asfalto se rigidiza (Rondón Quintana, Fernández Gómez, & Castro López, 2010).

Los tipo de carreteras un tema de gran importancia nacional, pero que desventajosamente las obras viales en su conjunto, el funcionamiento de las mismas y particularmente las capas de rodadura, presentan problemas recurrentes y críticas generalizadas de los usuarios por las dificultades que ocasiona al tráfico vehicular, desembocando en frecuentes reparaciones, daños prematuros de las calzadas y el uso de altos presupuestos para el mantenimiento y conservación viales, razón que justifica el estudio prolijo del ligante asfáltico, como un posible causante de reducidos períodos de duración (Herrera et al., 2006)

Las necesidades y exigencias de las ciudades modernas, han procurado que las técnicas actuales en la construcción de caminos cumplan con las demandas de los usuarios, hoy en día los productos asfálticos han tenido un gran desarrollo y se cuenta con nuevas emulsiones asfálticas, producto del desarrollo obtenido de la realización de pruebas diversas en los distintos materiales que conforman un asfalto (RODRIGUEZ, 2008).

2.- MATERIALES Y MÉTODO.

El método que se utilizo es el Analítico - Experimental, donde se investigó y se estudió las características y propiedades del asfalto convencional producido en la Refinería de Esmeraldas, partiendo de la realización de distintos tipos de ensayos a los que se sometería y luego comparar los resultados obtenidos para realizar una verificación de los valores que muestra la Refinería, ya que es de mucha importancia en la utilización para las carreteras del País (Herrera et al., 2006). La realización de los ensayos de laboratorio se ha basado en las Normas ASTM (American Society for Testing and Materials)(Testing & Materials, 1983).

Entre los ensayos que se realizaron fueron los siguientes: Punto de inflamación de Cleveland, Ductilidad, Punto de Ablandamiento, Viscosidad Cinemática, Penetración y Densidad.

Se recolecto 4 litros de asfalto en recipientes de acero nuevos de 1 litro de capacidad cada uno para ser ensayados respectivamente.



Figura 1. Recipientes de acero con muestras de asfalto convencional

Se realizaron un total de 12 ensayos, seis ensayos con el asfalto convencional AC-20 en estado puro, y luego seis con el polímero para la modificación del asfalto.

La realización de los ensayos de laboratorio se ha basado en las Normas ASTM (American Society for Testing and Materials).

2.1 PARÁMETROS DE CONTROL QUE DEBE CUMPLIR EL ASFALTO AC-20

En nuestro país las especificaciones y normativas con respecto a carreteras están establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas en el manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F 2000, mismo que se basa en las normativas americanas como la AASTHO (The American Association of State Highway and Transportation Officials) y ASTM (The American Society for Testing and Materials).

En esta investigación se trabaja con las especificaciones impuestas en el manual del MOP 001 en su sección 810.2.02 bajo los lineamientos de la Norma NTE INEN 2515, que presentan los requisitos y especificaciones que debe cumplir el asfalto, los mismos que se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de control de asfalto AC-20

Ensayo	Unidad	Método		Especificación	
		Astm	Inen	Mínimo	Máximo
Punto de Inflamación	°C	D92	808	232	-
Ductibilidad 25 °C cm/min	cm	D113	916	50	-
Punto de ablandamiento	°C	D36		48	57
Viscosidad Cinemática, 135 °C	cSt	D2170	810	300	-
Penetración 25 °C, 100g. 5s.	mm/10	D5	917	60	70
Densidad 25 °C/25C	kg/m3	D70		1000	

2.2.- MODIFICADOR DE ASFALTO ZYCOTHERM

El modificador de asfalto usado para la realización de este trabajo investigativo fue ZycTherm, el cual está especialmente formulado para asfaltos modificados para mezcla en caliente. Es un reactivo a temperatura ambiente, soluble en agua y estable hidrolíticamente que mejora el desempeño del asfalto es suministrado por la empresa Zydex Industries con las características que se muestran en la Tabla # 3. Su presentación se realiza en bidones de 20 kg y para su mayor eficiencia es recomendable almacenar en lugar fresco, conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y ventilado. En la tabla 2. Se muestran las características del modificador de asfalto utilizado.

Tabla 2. Características Físicas y Químicas del ZycoTherm

Características Físicas y Químicas	
Forma	Líquido
Color	Amarillo pálido
Punto de Inflamación	>80 °C
Punto de Congelación	5 -7 °C
Densidad	1,01 g/ml
Solubilidad	Soluble en agua
Ph	Disolución al 10%: neutral o ligeramente ácida
Viscosidad	Menos de 300 cps a 25 °C



Figura 2. .- Modificador de Asfalto Zycotherm

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los ensayos realizados se obtienen los siguientes resultados los mismos que han sido comparados con sus respectivas especificaciones, observándose que todos los ensayos cumplen con los requerimientos.

Tabla 3. Comparativos de resultados convencional y modificado

Muestra	Punto de Inflamación (°C)	Ductilidad (Cm)	Punto de Ablandamiento (°C)	Viscosidad Cinemática (mm ² /s)	Penetración (mm)	Densidad (Kg/m ³)
Asfalto AC - 20	308	51	46,3	310	66	1005,89
Asfalto AC - 20 + ZycoTherm	277	70	52,2	360	61	1152,22

ENSAYO DEL PUNTO DE INFLAMACIÓN

Para el ensayo del punto de Inflamación ambos resultados cumplen con la exigencia mínima que debe cumplir los cementos asfálticos para su posterior incorporación en las carreteras donde cuyo valor de Punto de Inflamación debe ser mínimo de 232 °C, y en ambas muestras están por encima de este valor Asfalto AC-20 308 °C, Asfalto AC-20+Zyco Therm 277°C. De

acuerdo a los ensayos realizados se argumenta que la propiedad del punto de inflamación es más baja en el asfalto modificado con respecto al asfalto convencional lo que significa que se incendia a menor temperatura lo que contrarresta que en este caso se haya mejorado ésta propiedad del asfalto.



Figura 3. Equipo de copa abierta de Cleveland

ENSAYO DE DUCTILIDAD

En el ensayo de Ductilidad ambos resultados cumplen con la exigencia mínima que debe cumplir los cementos asfálticos para su posterior incorporación en las carreteras donde cuyo valor de Ductilidad debe ser mínimo de 50 cm, y en ambas muestras están por encima de este valor Asfalto AC-20 51cm, Asfalto AC-20+Zyco Therm 70 cm. De acuerdo a los ensayos realizados se argumenta que la propiedad del punto de Ductilidad es más baja en el asfalto modificado con respecto al asfalto convencional lo que significa que el asfalto modificado posee una mejor capacidad de elongación.



Figura 4. Realización de ensayo de ductilidad

ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO

Para el ensayo de Punto de Ablandamiento no cumple con la exigencia mínima que deben cumplir los cementos asfálticos para su incorporación en las carreteras, donde cuyo valor de Punto de Ablandamiento, debe ser mínimo de 48°C y máximo 57°C.

Para el Asfalto AC-20 se obtuvo un resultado de 46.30°C, y el Asfalto AC-20+Zyco Therm 52.2°C. De acuerdo a los ensayos realizados se argumenta que la propiedad de Punto de Ablandamiento es más baja en el asfalto convencional con respecto al asfalto modificado, cabe recalcar que el ablandamiento no ocurre a una temperatura definida, a medida que la temperatura aumenta el asfalto se vuelve de poco fluido a fluido o menos viscoso, el asfalto modificado por poseer un mayor punto de ablandamiento presenta un buen desempeño ante los cambios de temperatura y tiene mayor resistencia a la deformación.



Figura 5. Equipo para prueba de ablandamiento de asfalto

ENSAYO DE VISCOSIDAD CINEMÁTICA

En el ensayo de Viscosidad Cinemática Ambos resultados cumplen con la exigencia mínima que debe cumplir los cementos asfálticos para su posterior incorporación en las carreteras cuyo valor de Viscosidad Cinemática debe ser mínimo de $300 \text{ mm}^2/\text{s}$, ambas muestras están por encima de este valor. Asfalto AC-20 $310 \text{ mm}^2/\text{s}$, Asfalto AC-20+Zyco Therm $360 \text{ mm}^2/\text{s}$. De acuerdo a los ensayos realizados se argumenta que la propiedad de Viscosidad Cinemática es más baja en el asfalto convencional con respecto al asfalto modificado, cabe mencionar que a mayor viscosidad del asfalto presenta una alta resistencia a fluir en comparación con un asfalto de menor viscosidad que fluye con facilidad, lo que significa que el asfalto modificado es de mayor consistencia, más duro (Cárdenas & Fonseca, 2013).



Figura 6. Equipo para medir la viscosidad del asfalto

ENSAYO DE PENETRACIÓN

Para este ensayo ambos resultados cumplen con las exigencias que deben cumplir los cementos asfálticos para su posterior incorporación en las carreteras cuyo valor de Penetración debe ser mínimo de $60 \text{ mm}/10$ y máximo $70 \text{ mm}/10$, ambas muestras están dentro de este rango. . Asfalto AC-20 66 mm , Asfalto AC-20+Zyco Therm 61 mm . De acuerdo a los ensayos realizados se argumenta que la Penetración es más alta en el asfalto convencional con respecto al asfalto modificado con un valor de $61 \text{ mm}/10$ lo que significa que la muestra es más compacta y resulta una menor penetración, por lo que se considera que es un asfalto más duro de mayor consistencia .



Figura 7. Equipo para medir la viscosidad del asfalto

ENSAYO DE DENSIDAD

Para el ensayo de Densidad Ambos resultados cumplen con las exigencias que deben cumplir los cementos asfálticos para su posterior incorporación en las carreteras cuyo valor de Densidad debe ser mínimo de 1000.00 Kg/m³, ambas muestras están dentro de este valor. . Asfalto AC-20 1005.89 kg/m³, Asfalto AC-20+Zyco Therm 1152.22 kg/m³.

De acuerdo a los ensayos realizados se argumenta que la Densidad es más baja en el asfalto convencional con respecto al asfalto modificado, por lo que se determina que es un asfalto que no posee tanta porosidad o vacíos lo que da una mayor resistencia a la deformación (ASTM).



Figura 8. Realización de ensayo de densidad

Podemos mencionar que con el empleo de polímeros se tiene un producto de mejores características, la misma que puede ofrecer un mejor comportamiento tanto en resistencia como a las deformaciones (fisuras- ahuellamiento- etc.)(E. O. Hernández et al., 2018)

4.- CONCLUSIONES

Analizado el asfalto convencional producido en la Refinería Esmeraldas con los ensayos que exige la Norma NTE INEN 2515 Productos derivados del Petróleo. Cemento Asfáltico, cumpliendo con el contexto dispuesto en mencionada Norma para ensayarlo verificamos que 5 de los 6 ensayos practicados cumplen con las exigencias que se requieren por normativa para su uso en el campo vial pero el Punto de Ablandamiento está por debajo del rango mínimo y no cumple lo que exige el Servicio Ecuatoriano de Normalización.

Las ventajas del asfalto modificado con relación al asfalto convencional incide en que mejora sus propiedades para extender su vida útil, de las ventajas en los 6 ensayos practicados del asfalto modificado se destaca que el fluido aumentó su Viscosidad por ende su Ductilidad, el Punto de Ablandamiento y Densidad, lo que significa que no se romperá tan fácilmente, resiste una mayor temperatura a la deformación y no posee tantos vacíos al ser compactado, respectivamente. La Penetración bajó es decir se volvió más duro, más resistente, en cambio en el Punto de Inflamación éste demuestra una desventaja ya que bajó su valor con respecto al

asfalto convencional lo que quiere decir que el asfalto modificado se encenderá a menos temperatura pero se encuentra entre los rangos moderados que exige la Norma NTE INEN 2515.

El asfalto modificado es lo que se debe aplicar hoy en día ya que las propiedades del asfalto convencional son mejoradas lo que implica una vida útil duradera y generará economía en costo de mantenimiento vial en un futuro con carreteras de mejor calidad.

Las temperaturas de ensayo juegan un papel muy importante en los resultados, haciéndose evidente un descenso drástico en los módulos con el aumento de la temperatura.

5.- RECOMENDACIONES

Se recomienda que el asfalto antes de su incorporación en obra sea analizado con lo establecido en la Norma NTE INEN 2515 Productos derivados del Petróleo. Cemento Asfáltico, comprobando que se cumplan con las normativas en cuanto a sus propiedades físico-mecánicas para un buen desempeño en el ámbito vial.

Es fundamental que se realice el control de calidad del betún que proveen las plantas de asfaltos para controlar el cumplimiento impuesto en la Norma NTE INEN 2515 Productos derivados del Petróleo. Cemento Asfáltico, ya que en el desarrollo de este trabajo investigativo se observó que el Punto de Ablandamiento no cumplió con lo determinado en el Servicio Ecuatoriano de Normalización.

Siendo óptimo el asfalto modificado con relación al asfalto convencional hace un gran aporte al mejorar todas sus propiedades físico-mecánicas para extender su vida útil una vez practicada en el campo vial ya que funciona de manera ideal para tener carreteras en mejores condiciones y satisfagan las necesidades de los usuarios viales.

Es necesario proponer otras alternativas de mejoramientos de asfaltos ampliando esta investigación con otros productos ya sean químicos o naturales que contribuya a reducir los costos de mantenimiento y a la conservación del medio ambiente.

Elaborar un diseño de mezcla asfáltica donde se comprueben las propiedades de la mezcla, teniendo en cuenta el porcentaje óptimo de asfalto que se utilizará y así llegar a tener un diseño ideal que al momento de hacer la combinación con el polímero mejoraríamos las propiedades asfálticas de estabilidad, flujo y densidad de la mezcla asfáltica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arenas, H. (2006). Tecnología del cemento asfáltico. Popayán, Colombia.
- ASTM, G. a. D. o. S.-S. B. M. 70 (2003) Standard Test Method for Specific Gravity and Density of Semi-Solid Bituminous Materials (Pycnometer Method). Annual Book of ASTM Standards, 4.
- Cárdenas, J., & Fonseca, E. (2013). MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE ASFALTO CONVENCIONAL Y MODIFICADO CON POLÍMERO RECICLADO, ESTUDIADA DESDE LA RELACIÓN VISCOSIDAD-TEMPERATURA (MODELING OF RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF CONVENTIONAL AND RECYCLED POLYMER MODIFIED ASPHALT. Revista EIA, 6(12), 125-137.
- Figuerola Infante, A. S., Reyes Lozano, F. A., Hernández Barrera, D., Jiménez, C., & Bohórquez, N. (2007). Análisis de un asfalto modificado con icopor y su incidencia en una mezcla asfáltica densa en caliente. Ingeniería e investigación, 27(3).
- Hernández, E. H. O., Moncayo, E. H. O., Sánchez, L. K. M., & de Calderero, R. P. (2017). Behavior of Clayey Soil Existing in the Portoviejo Canton and Its Neutralization Characteristics. International Research Journal of Engineering, IT and Scientific Research (IRJEIS), 3(6), 1-10.
- Hernández, E. O., Moncayo, E. O., & Sánchez, L. M. (2018). COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE UN DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CONVENCIONAL Y EL USO DE POLÍMEROS EN LA CARRETERA TOSAGUA. Universidad Ciencia y Tecnología, 1(1).
- Herrera, R., Botasso, G., Cachago, A., Cajo, E., & Palma, L. (2006). Caracterización de los asfaltos utilizados en las obras viales del Ecuador. Paper presented at the línea]. Available: http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wpcontent/uploads/2011/12/2006_Caracterizacion-Asfaltos-Obras-Viales-del-Ecuador_II-Simposio-Iberoamericano-y-Ecuatoriano-Ing-de-Pavim.pdf. [Último acceso: 14 Abril 2016].
- Múnera, J. C., & Ossa, E. A. (2014). Estudio de mezclas binarias Asfalto-Polímero. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia(70).
- . Productos derivados del Petróleo. Cemento Aafáltico (Clasificació por viscosidad). Requisitos. (2009).
- Reyes-Ortiz, O. J., Camacho-Tauta, J. F., & Londoño León, A. (2013). Caracterización mecánica de mezclas asfálticas en función del origen y gradación del agregado pétreo. Revista Científica General José María Córdova, 11(12), 215-232.
- RODRIGUEZ, F. A. W. (2008). "ANÁLISIS DE PAVIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMERO". Director: COLLARTE CONCHA, Luis. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencia de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Valdivia, Chile.
- Rondón Quintana, H., Fernández Gómez, W., & Castro López, W. (2010). Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente modificada con un desecho de polietileno de baja densidad (PEBD). Revista ingeniería de construcción, 25(1), 83-94.
- Salazar, J. (2008). Evaluación de la factibilidad del uso en Costa Rica de polímeros modificantes de asfalto incorporados en planta. Unidad de Investigación en Infraestructura Vial. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. San José, Costa Rica.
- Testing, A. S. f., & Materials. (1983). Annual Book of ASTM Standards: Metals Test Methods and Analytical Procedures. Magnetic Properties, Metallic Materials for Thermostats, Electrical Resistance, Heating, Contacts.
- Thenoux, G. (2012). Aplicaciones y limitaciones de los ensayos para medir consistencia y propiedades reológicas del asfalto. Revista ingeniería de construcción(5), 80-114.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. Recuperado el 31 de Marzo de 2017, de <http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07->
- R. Herrera, G. B. (s.f.). CARACTERIZACIÓN DE LOS ASFALTOS UTILIZADOS EN LAS OBRAS VIALES DEL ECUADOR. Recuperado el 31 de Marzo de 2017, de

http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/2006_Caracterizacion-Asfaltos-Obras-Viales-del-Ecuador_II-Simposio-Iberoamericano-y-Ecuatoriano-Ing-de-Pavim.pdf
Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1984). Materiales Bituminosos - Muestreo. Baquerizo Moreno: INEN.