



**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.**

LICENCIA CREATIVE COMMONS: Atribución no comercial.

AÑO DE ELABORACIÓN: 2017

TÍTULO: Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19.

AUTOR (ES): Coicué Duarte, Luis Fernando. Sepúlveda Salazar, Cristhian Camilo.

DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES): Garcia Guerrero, Jonathan Javier

MODALIDAD: Trabajo de Investigación.

PÁGINAS: 120 **TABLAS:** 26 **CUADROS:** 0 **FIGURAS:** 30 **ANEXOS:** 28

CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES
 2. ANTECEDENTES
 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
 4. OBJETIVOS
 5. JUSTIFICACIÓN
 6. DELIMITACIÓN
 7. MARCO DE REFERENCIA
 8. METODOLOGÍA
 9. RESULTADOS
 10. ANÁLISIS DE RESULTADOS
 11. CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS



DESCRIPCIÓN: El proyecto de investigación se enfoca en evaluar el comportamiento de una mezcla asfáltica modificada MDC-19; por medio del ensayo Marshall a diferentes dosificaciones de desecho de polietileno de baja densidad (PEBD) obtenido del reciclaje de bolsas plásticas, que será mezclado con cemento asfáltico (CA) en relaciones de peso (PEBD/CA) del 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% a una temperatura de 145+/- 5 °C debido a que por encima de la misma el CA experimenta envejecimiento por pérdida de componentes químicos.

METODOLOGÍA: Inicialmente se realiza el ensayo Marshall sobre la mezcla convencional MDC-19 empleando porcentajes de asfalto de 4.5, 5.0, 5.5 y 6.0%, con el fin de realizar el diseño Marshall para determinar el contenido óptimo de asfalto. El ensayo que se realiza a la mezcla asfáltica es el de resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall (INV. E - 748). Para el análisis y comparación de la modificación de asfalto es necesario la fabricación de 10 briquetas para cada una de las dosificaciones del polietileno de baja densidad, estas relaciones serán en PEBD/CA 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%. El tipo de polietileno (densidad 0.92 gr/cm) será un residuo plástico (bolsas plásticas trituradas) generado por los desechos per cápita, estos obtenidos producto del reciclaje. El diseño de la mezcla modificada se hará por vía húmeda y por vía seca.

PALABRAS CLAVE: Polietileno de baja densidad, pavimento flexible, mezcla asfáltica MDC-19, asfalto modificado.

CONCLUSIONES:

✓ Se concluye que el método ideal para mezclar el modificador (trozos de bolsas plásticas) es el de post mezclado (vía seca), debido a que en los análisis se evidenció que todas sus propiedades variaron positivamente y en magnitud superior que por el método de vía húmeda (pre mezclado). Esto ocurre debido a que el polietileno de baja densidad presuntamente pierde propiedades al mezclarse previamente con el cemento asfáltico, causando pérdida de adherencia en el mezclado con los agregados pétreos.

Además, al adicionar el polietileno de baja densidad por vía seca (modificador como parte de los agregados), permite que el PEBD se adhiera simultáneamente al calentamiento del cemento asfáltico. Esto se comprueba debido a que la relación de vacíos no varía significativamente pero su resistencia aumenta y su



deformación disminuye, esto provoca en la carpeta asfáltica mayor rigidez, sin disminuir su resistencia.

✓ La medida bajo la cual se fallaron las briquetas modificadas con polietileno se ve mejorada de manera importante con la adición de este aditivo (PEBD), teniendo así en la mezcla mejor desempeño, incluso superando el valor de estabilidad establecido por INVIAS de 15.000 N como mínimo (alto modulo) para tener un buen funcionamiento de la mezcla asfáltica, por tanto, la estabilidad de esta es superior (18.757 N) dando así una mayor resistencia a las cargas que recibe el asfalto.

El aumento de la estabilidad en un 25,04%, permite establecer mejor resistencia en el pavimento ante las cargas del tránsito que debe soportar, así mismo una reducción del 20% en posibles apariciones de grietas en la superficie de la carpeta asfáltica.

✓ De acuerdo al artículo 450 de la norma INVIAS, en la nota 2 de la tabla 450-10; criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continua por el método Marshall, especifica que, para mezclas elaboradas con asfaltos modificados con polímeros, se podrá aceptar un valor de flujo mayor (hasta 5.0 mm). Para tal efecto se encuentra que el valor del flujo de la mezcla asfáltica al modificarla con polietileno de baja densidad (4,55 mm) está dentro del valor máximo permitido por la norma (5 mm).

El valor en la deformación aumento en un 16% respecto a la mezcla convencional. Esto permite establecer que para que la mezcla sufra esta deformación necesita de mayores esfuerzos, pero si se encuentra sometida a menores esfuerzos su deformación disminuirá proporcionalmente.

✓ La norma INVIAS señala que, en cualquier caso, se deberá cumplir el requisito establecido en la respectiva columna de la tabla (450-10) para la relación Estabilidad/Flujo representado en kN/mm (3.0 a 6.0). Se concluye que este parámetro se cumple debido a que la relación E/F de la mezcla en kN/mm es de 4.13 kN/mm.



✓ La relación de estabilidad flujo representa el grado de ductilidad y fragilidad de la mezcla, este valor se ve mejorado con la adición de 1% de polietileno de baja densidad de tal forma que la aparición de fisuración temprana o ahuellamiento prematuro se verá menguada al situarse en un punto intermedio del rango señalado por INVAS.

Cuando los valores de E/F están por encima del rango establecido por INVIAS, se presume que la mezcla asfáltica es susceptible a fallar porque presentara un comportamiento frágil (aparición de grietas en el pavimento), no obstante, si los valores de E/F están por debajo del rango establecido por INVIAS, se presume que la mezcla asfáltica es propensa a presentar deformaciones permanentes.

✓ La falla estructural ahuellamiento se mitigará debido a que la relación estabilidad permite asegurar que el pavimento será capaz de soportar cargas hasta de 18.757 N sin que se presenten deformaciones superiores a los 4,55 mm. Del mismo modo, la falla estructural agrietamiento se mitigará debido a que la mezcla asfáltica no se considera frágil al estar dentro del rango de relación E/F en (kN/mm) teniendo en cuenta que la mezcla se falló a una temperatura de 60° C.

✓ La relación de vacíos no se alteró considerablemente al estar en 4,99%, lo que quiere decir que la modificación tuvo un efecto neutral en este parámetro de servicio del pavimento, el cual determina que la relación de vacíos está en el rango (de 4% al 6%) establecido por INVIAS.

✓ La modificación de la mezcla asfáltica MDC-19 con polietileno de baja densidad, mejoro las propiedades mecánicas en un 23% respecto a la convencional MDC-19, determinando así que el desecho de polietileno presentado en trozos de bolsas plásticas puede ser utilizado como alternativa en la modificación de asfaltos con polímeros.

FUENTES:

A.A. CUADRI, C y ROMAN, M. GARCÍA-MORALES, F. Guisado, E. MORENO, P. PARTAL. Formulation and processing of recycled low-density polyethylene modified bitumen emulsions for reduced-temperature asphalt technologies. En: Chemical Engineering Science. 2016. p. 34.



A.T. Papagiannakis y E.A. Masad. Pavement design and materials. 2 ed. Texas, Estados Unidos.: John Wilwy & Sons, 2017. 11 p. ISBN 978-0-471-21461-8.

ARENAS, Lozano Hugo León. Tecnología del cemento asfáltico. En: Revista de ingeniería. Abril 2006, 5ª. Edición. 2006. Pág. 281.

AVELLÁN CRUZ, Martha Dina. Asfaltos modificados con polímeros. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Civil. Trabajo de grado Ingeniera Civil. 2007, 91 p.

AWWAD, Mohammad y SHBEEB, Lina. The use of polyethylene in hot asphalt mixtures. Pavimentos flexibles: En: American Journal of Applied Sciences. Junio, 2007. Vol. 4, no. 390, p. 32.

BILMEYER, Fred. Ciencia de los polímeros. Editorial Reverté S.A. Propiedades de los polímeros y clasificación. Traducido por Areal Guerrera. 2004. 45 p. ISBN: 84-291-7048-0.

CAMARGO, Hugo y SUAREZ, Andrea. Diagnóstico de las nuevas tecnologías empleadas para el diseño de mezclas asfálticas densas en caliente MDC-2. Bogotá DC: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de ingeniería. Monografía para optar por el título de especialista en pavimentos.

CAMPOS, Carlos, GUZMAN, Manuel y SANCHEZ, Rafael. Evaluación del desempeño de la carpeta de rodadura de mezcla asfáltica tibia en comparación con el de la mezcla asfáltica en caliente. Universidad del Salvador. Ciudad Universitaria. Facultad de ingeniería.

CARREÑO, Ricardo y REYES, Jesús. Estudio del efecto de aditivos reductores de temperaturas de trabajo, en el desempeño de mezclas bituminosas GAP-GRADED elaboradas con asfaltos modificados con grano de caucho reciclado. Bogotá DC: Universidad Católica de Colombia. Facultad de ingeniería. 2014, p. 44.

CASANOVA, Sandra Lorena y RODRIGUEZ, Paola. Caracterización física de ligantes asfálticos con cecabase para mezclas tibias. Bogotá DC: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería. Proyecto de grado para optar por el título de ingeniero civil.



CATRIEL, Gisela. Reología en ligantes asfálticos. La Plata: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad de ingeniería civil. Tesis para optar por el título de ingeniero civil. 2008, 2 p.

FIGUEROA INFANTE, Ana Sofía, FONSECA SALTANILLA, Elsa Beatriz y REYES LIZCANO, Freddy Alberto. Caracterización fisicoquímica y morfológica de asfaltos modificados con material reciclado. En: Ing. Univ. Bogotá. Enero – junio de 2009. 47 p. ISSN 0123-2126.

FLORES, Daniel. Ensayo Marshall. [En línea] Bogotá D.C: SlideShare [Julio 18 de 2017]. Disponible en internet:< <https://es.slideshare.net/HERNIELO/ensayo-marshall>>.

<http://investigacion.lanamme.urc.ac.cr/sitionuevo/images/ca>, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales. Mezclas asfálticas tibias. [En línea]. Bogotá D.C. [Citado el: 03 de marzo de 2017.] Disponible en internet:<.

<http://ub.edu/cmateriales/es/content/polietileno-de-baja-densidad.>, UNIVERSIDAD DE BARCELONA. 2009. Polietileno de baja densidad materiales. [En línea] octubre de 2009. [Citado el: 26 de febrero de 2017.].

<http://www.goodfellow.com/s/polietileno-baja-densidad.html>., GOODFELLOW. Polietileno de baja densidad. [En línea] GOODFELLOW. [Citado el: 26 de febrero de 2017.]. Disponible en internet.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Especificaciones Técnicas Generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá D.C. – IDU ET 2005. Bogotá D.C.: El Instituto, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras INVIAS 2007. Bogotá D.C.: El Instituto, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras INVIAS 2012. Bogotá D.C.: Especificaciones técnicas y criterios de evaluación del ensayo Marshall, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras INVIAS 2013. Bogotá D.C.: Artículo 450-13, 2014.



KWANG W. Kim, SEUNG JUN, Kweon, YOUNG S, Doh, y TAE-SOON, Park. Fracture toughness of polymer-modified asphalt concrete at low temperatures. En: International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS. Diciembre, 2011. Vol. 11 no. 06. 43 p.

LEON DEL RIO, Christian Camilo y SEGURA LOPEZ, Jaime Andrés. Análisis del diseño de una mezcla asfáltica MDC-25 modificada con polietileno de baja densidad. Bogotá D.C: Universidad Católica de Colombia. Facultad de ingeniería civil. Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil. 2007, p.34.

LOPERA PALACIO, Conrado Hernando. Diseño y producción de mezclas asfálticas tibias a partir de la mezcla de asfalto y aceite crudo de palma (ELAEIS GUINEENSIS). Informe final de investigación para optar al título de Máster en Ingeniería Infraestructura. 2013, p.45.

LUQUE, Hernando y RINCÓN, Álvaro José. Evaluación de las propiedades físicas de un cemento asfáltico 60/70 modificado con residuos de la fabricación de productos con polietileno de baja densidad. Bogotá D.C: Pontificia universidad javeriana, Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil. 2013, p.23.

M. A, Shafii y M. Y, Abdul Rahman y J., Ahmad. Polymer Modified Asphalt Emulsion. Selangor, Malaysia: University Technology MARA. Facultad de ingeniería civil. Trabajo de grado para optar por el título de especialista en pavimentos. 2011, 43 p.

M. A. Shafii, M. Y. Abdul Rahman and J. Ahmad. Polymer Modified Asphalt Emulsion. Selangor, Malaysia: University Technology MARA. Facultad de ingeniería civil. Trabajo de grado para optar por el título de especialista en pavimentos, 2011. 43 p.

MAILA PAUCAR, Manuel Elias. Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA). Ecuador. Quito: Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería. Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil. 2008, p. 32.

MARIN HERNANDEZ, Alberto. Asfaltos modificados y pruebas de laboratorio para caracterizarlos. México D.F: Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Agricultura. Tesis para obtener el título de ingeniero civil, 2004.26 p.



MARTINEZ, Juan Camilo. Asfalto modificado. [En línea]. Bogotá: Cybertesis. [Citado el: 09 de marzo de 2017]. Disponible en internet:<http://cybertesis.urp.edu.po/urp/2009/martinez_jc/pdf/martinez_jc-TH.4.pdf>.

METAUTE, Diana Milena y CASAS, Daniel Mauricio. Desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando residuos plásticos. Medellín: Universidad EAFIT. Departamento de ingeniería de procesos. Proyecto de grado para aspirar al título de ingeniero de procesos. 2009.

MIRANDA REBOLLEDO, Ricardo Javier. Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la ingeniería. Tesis para optar por el título de ingeniero constructor. 2010. 16 p.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2 ed. Bogotá, Colombia y Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones, 2002. 8 p. ISBN: 95896036-2-9.

MUNERA, Camilo. Modificación polimérica de asfaltos. Antioquía. Medellín: Universidad EAFIT. Memorias congreso internacional de materiales. Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil. 2012, 25 p.

N-CMT-4-05-001/00. Materiales para Pavimentos, Calidad de Pavimentos Asfálticos. SCT. 1p.

OCELIC, Vesna y REK, V. Polymer modified bitumen Materials. Croacia: Universidad de Zagreb. Facultad de ingeniería química y tecnología. Tesis para optar por el título de ingeniero civil. 2013, 3 p.

OCHOA DIAZ, Ricardo. Diseño de mezclas bituminosas para pavimentos con alquitrán, usando metodología Marshall y Ramcode. Colombia, Bogotá D.C: Universidad pedagógica de Colombia. Facultad de ingeniería. Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil. 2015, p. 14.

PADILLA RODRÍGUEZ, Alejandro. Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista. México D.F: Universidad Politécnica de Cataluña. Facultad de ingeniería. Tesis para optar por el título de ingeniero civil. 2009, p.45.



PALOS, Artemio. PALOS, Artemio; SOUZA, Nandika Anne De; SNIVELY, Todd; REIDY, Richard. Modification of cement mortar with recycled ABS. En: Cement and Concrete research. Abril 2001. no. 31. p. 1003 – 1007.

POLACCO Giovanni, BERLINCIONI, Stefano, BIONDI, Darío, STASTNA Jiri y ZANZOTTO, Ludovit. Asphalt modification with different polyethylene-based polymers. En: Europa Polymer Journal. Julio. 2005. Vol 1., no. 41, p. 22.

RAMA LABRADOR, Francisco. Las carreteras y sus firmes. En: Cimbra. Julio, 2016. Vol. 6, no. 406, p. 21.

RAMOS, Rubén. Las carreteras y sus firmes. En: Cimbra. Agosto, 2010. Vol. 6, no. 382, p. 42.

Revista de la facultad de ingeniería. EPSILON. Bogotá D.C. 2007, No. 009 ISSN 1962 – 1259.

REYES LIZCANO, Fredy Alberto., FIGUEROA INFANTE, Ana Sofía. Uso de desechos plásticos en mezclas asfálticas. Síntesis de la investigación colombiana. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C., 2008. ISBN: 978-958-716-136-6.

REYES, Alberto, MADRID, Fernanda y SALAS, Ximena. Mezclas asfálticas modificadas con un elastómero (caucho) y un plastómeros (tiras de bolsas de leche con asfalto 80-100). Mezclas asfálticas: En y Infraestructura Vial. Febrero, 2007. Vol. 2, no. 17, p. 16.

RICO RODRIGUEZ, Alfonso. Pavimentos flexibles, problemática, metodologías de diseño y tendencias. En: Instituto Mexicano de transporte. Enero, 1995. Vol. 2, no. 104, p. 32.

RODRIGUEZ, Yerson y SANABRIA, Wilfer. Modulo dinamico y deformacion permanente en mezclas asfalticas. Bogotá : Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingenieria. Trabajo de grado para optar por el titulo de ingeniero civil, 2016.

ROJAS, Camilo y MENDIVELSO, Kevin. Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla densa en caliente tipo MDC-10 modificada con un desecho de polietileno de baja densidad. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de ingeniería civil. 2014, p.16.



RONDÓN QUINTANA, Hugo Alexander y REYES LIZCANO, Fredy Alberto. Pavimentos: Materiales, construcción y diseño. Primera. Bogotá DC: ECOE Ediciones, 2015. p. 34-37. ISBN 978-958-771-175-2.

RONDÓN, Hugo, FERNÁNDEZ GÓMEZ, Wilmar y CASTRO LÓPEZ, William. Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla densa caliente modificada con un desecho de polietileno de baja densidad (PEBD). En: Revista Ingeniería de Construcción. Abril, 2010. Vol. 06.

SALINAS RETO, Patricia Inés. Aplicación de micropavimento usando asfalto modificado con polímero en la vía Sullana-Aguas Verdes. Piura, Perú: Universidad de PIURA. Facultad de ingeniería. Tesis para optar por el título de ingeniero civil. 2009, 36 p.

SANCHEZ SABOGAL, Fernando. Ingeniería de pavimentos en vías terrestres 2 ed. Vol. 2. Bogotá, Colombia: Editorial Limusa. 1977, 9 p. ISBN: 5675-909884-0098.

TALAVERA. RODRÍGUEZ, Rogelio; CASTAÑO MENESES, Victor Manuel; MARTÍNEZ MADRID, Miguel; HERNÁNDEZ PADRÓN, Genoveva. Desarrollo de aditivos para asfaltos modificados con bajos contenidos de hule. México. 2001. Publicación técnica No. 160. ISSN 0188-7297.

ULLOA CALDERÓN, Andrea. Programa de infraestructuras del transporte. En: Boletín técnico PITRA. Abril 2011, Vol. 2. no. 15. 10. p.

WAHR, Carlos y MONTENEGRO, Chistian. Comparación de diseños de pavimentos flexibles nuevos según el método de diseño AASHTO 93, la Normativa Chilena vigente y la guía de diseño de pavimentos empírico-mecanística. Pavimentos flexibles. 2006, p. 58.

WARDLAW, Kenneth y SCHULER, Scott. Polymer modified asphalt binders. Estados Unidos. ASTM, 1992. 361 p. ISBN 0803114133, 9780803114135.

WULF RODRIGUEZ, Fernando Andrés. Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de ciencias de la ingeniería. Tesis para optar al título de Ingeniero Constructor, 2008. 9 p.



YILDIRIM, Yetkin. Polymer modified asphalt binders. En: Construction and Building Materials. Agosto 2005. no. 21, p. 328 – 337.

LISTA DE ANEXOS:

- ANEXO 1. ENSAYO MARSHALL CONVENCIONAL MDC-19 (1)
- ANEXO 2. ENSAYO MARSHALL CONVENCIONAL MDC-19 (2)
- ANEXO 3. MEZCLA MODIFICADA POR VÍA HÚMEDA (1)
- ANEXO 4. MEZCLA MODIFICADA POR VÍA HÚMEDA (2)
- ANEXO 5. MEZCLA MODIFICADA POR VÍA SECA (1)
- ANEXO 6. MEZCLA MODIFICADA POR VÍA SECA (2)
- ANEXO 7. DUCTILIDAD DE MATERIALES ASFALTICOS
- ANEXO 8. GRAVEDAD ESPECIFICA DE MATERIALES ASFALTICOS (1)
- ANEXO 9. GRAVEDAD ESPECIFICA DE MATERIALES ASFALTICOS (2)
- ANEXO 10. PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS AGREGADOS
- ANEXO 11. ENSAYO AGREGADOS PÉTREOS EQUIVALENTE DE ARENA
- ANEXO 12. ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO AGREGADOS
- ANEXO 13. GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS PÉTREOS INVIAS-E 213-214
- ANEXO 14. GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS PÉTREOS INVIAS-E 213-214
- ANEXO 15. GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS PÉTREOS INVIAS-E 213-214
- ANEXO 16. GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS PÉTREOS INVIAS-E 213-214
- ANEXO 17. DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
- ANEXO 18. ENSAYO DE AGREGADOS PÉTREOS FINOS AZUL DE METILENO
- ANEXO 19. ABRASIÓN EN LA MAQUINA MICRODEVAL
- ANEXO 20. DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO
- ANEXO 21. ABRASIÓN EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES
- ANEXO 22. AGREGADOS GRUESOS-PESOS ESPECÍFICOS
- ANEXO 23. EVIDENCIA ENSAYO MARSHALL CON POLIETILENO
- ANEXO 24. EVIDENCIA ENSAYO MARSHALL CON POLIETILENO
- ANEXO 25. EVIDENCIA ENSAYO MARSHALL CON POLIETILENO
- ANEXO 26. EVIDENCIA ENSAYO MARSHALL CON POLIETILENO
- ANEXO 27. EVIDENCIA ENSAYO MARSHALL CON POLIETILENO
- ANEXO 28. EVIDENCIA ENSAYO MARSHALL CON POLIETILENO