

# VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO NATURAL AP3 Y MODIFICADO CON POLÍMERO SBS SOMETIDO A PERIODOS DE CALENTAMIENTO-ENFRIAMIENTO Y SU INFLUENCIA EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.

**A. R. Zúñiga, B. J. Rodríguez**

Unidad de Ingeniería Civil Geología y Minas (UCG).  
Universidad Técnica Particular de Loja. (UTPL).

## RESUMEN

En la presente investigación se analiza la incidencia de los periodos de calentamiento-enfriamiento en las propiedades físicas del asfalto AP3 de penetración 60-70 y asfalto modificado con polímero SBS que es utilizado en la producción de mezclas asfálticas en caliente; para ello se simuló en laboratorio un proceso que nos permite representar dichas condiciones.

En el procedimiento se sometió las muestras de asfalto a 4 ciclos de calentamiento- enfriamiento y al finalizar cada uno de estos se tomó una muestra de asfalto, y se determinó las características físicas como: penetración, punto de inflamación, ensayo de película delgada (TFOT), viscosidad cinemática, viscosidad dinámica, punto de reblandecimiento así se pudo establecer como varían las propiedades de un ciclo al otro, también se determinó el índice de envejecimiento en cada ciclo. Además se elaboró briquetas con asfalto sometido a este proceso de calentamiento-enfriamiento y se determinó los valores de estabilidad y flujo.

**Palabras claves:** Polímero SBS, envejecimiento, TFOT, estabilidad, flujo.

## SUMMARY

In the present investigation incidence of the periods of heating-cooling is analyzed in physical properties of the asphalt AP3 of penetration 60-70 and it asphalt modified with polymer SBS that is used in the production of hot asphaltic mixtures; for it was simulated it in laboratory a process that allows us to represent this conditions.

In the procedure underwent the asphalt samples 4 heating cycles - cooling and when concluding each one of these took an asphalt sample, and it was determined the physical characteristics as: penetration, inflammation point, thin film oven test (TFOT), viscosity kinematics, dynamic viscosity, softening point could settle down this way like vary the properties from a cycle to the other one, the aging index was also determined in each cycle. It was also elaborated specimen with subjected asphalt to this heating-cooling process and it was determined the values of stability and flow.

**Words key:** Polymer SBS, aging, TFOT, stability, flow.

## INTRODUCCIÓN.

En la mayoría de las vías construidas con mezclas asfálticas en caliente se observa, un deterioro severo de la carpeta asfáltica, una de las posibles causas de esto es el manejo inapropiado del cemento asfáltico durante el proceso de producción de éstas, ello se debe a que el asfalto usado es sometido a ciclos de calentamiento-enfriamiento, lo cual causa alteración en las propiedades físicas del ligante asfáltico produciendo envejecimiento prematuro del mismo. Con el propósito de analizar este tipo de alteraciones se adaptó a uno de los hornos que se dispone en los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), un equipo que nos permite desarrollar el “Ensayo de Película Delgada en Horno” (Thin Film Oven Testing) de acuerdo a la norma ASTM D-1754 o ASSHTO T-179. Con lo cual se simula este tipo de problemas que se producen en las plantas asfálticas y que no son analizados.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó asfalto AP3 de consistencia 60-70 que se produce en la refinería de Esmeraldas, primeramente se realiza la caracterización del ligante asfáltico tal como se encuentra en la planta asfáltica, para dar inicio al primer ciclo de calentamiento-enfriamiento éste es colocado en recipientes y sometido al proceso de calentamiento a temperatura de producción de mezcla a 433 °K para asfalto natural y 453 °K para asfalto modificado, durante el tiempo de cinco horas, luego de lo cual es enfriado y sometido nuevamente a ensayos caracterización, este procedimiento se lo realiza durante los cuatro ciclos. Simultáneamente a este procedimiento se realiza la elaboración de probetas que son ensayadas en el equipo Marshall en el cual se determina la estabilidad y flujo, en cada uno de los ciclos<sup>1</sup>.



Figura 1. Procedimiento para simular los ciclo de Calentamiento – Enfriamiento.

## Ensayo de película delgada (TFOT)



Figura 2. Ensayo de película delgada (TFOT).

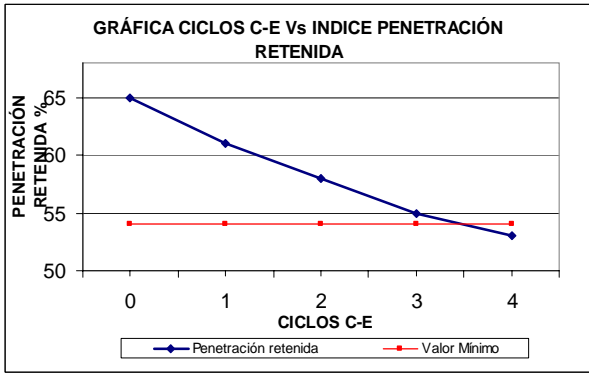
## ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Tabla 1. Resultados de la variación de las propiedades físicas del asfalto AP3 de penetración 60-70 sometido a los ciclos de calentamiento-enfriamiento en asfalto natural.

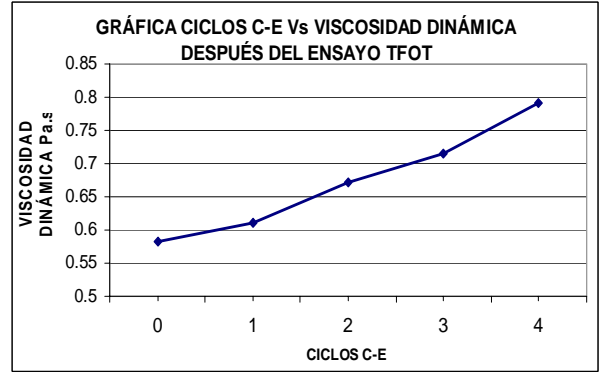
| Ensayo   | Norma de ensayo ASTM | Valor mínimo requerido | Valor máximo permitido | Asfalto natural | Resultados 1 ciclo C-E | Resultados 2 ciclo C-E | Resultados 3 ciclo C-E | Resultados 4 ciclo C-E |
|--|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Penetración(100gr, 298°K, 5 seg)                               | D 5                  | 60                     | 70                     | 62              | 59                     | 57                     | 55                     | 53                     |
| Punto de reblandecimiento °K                                   | D 2398               | 321                    | 330                    | 326             | 328                    | 328                    | 329                    | 329                    |
| Viscosidad dinámica (Pa.s) a 333°K                             | D 2171               | -----                  | -----                  | 0.32            | 0.34                   | 0.37                   | 0.41                   | 0.43                   |
| Viscosidad cinemática (m <sup>2</sup> /s) a 408°K              | D 2170               | -----                  | -----                  | 0.00034         | 0.00036                | 0.00040                | 0.00044                | 0.00045                |
| Punto de inflamación °K  | D 92                 | 505                    | -----                  | 553             | 554                    | 555                    | 555                    | 556                    |
| Punto de combustión °K   | D 92                 | -----                  | -----                  | 561             | 561                    | 562                    | 562                    | 562                    |
| <b>ENSAYO EN ASFALTO DESPUÉS DE ENSAYO DE PELICULA DELGADA</b> |                      |                        |                        |                 |                        |                        |                        |                        |
| Viscosidad dinámica (Pa.s) a 333°K.                            | D 2171               | -----                  | -----                  | 0.58            | 0.61                   | 0.64                   | 0.72                   | 0.79                   |
| Penetración (100gr, 298°K, 5 seg.                              | D 5                  | -----                  | -----                  | 40              | 38                     | 36                     | 34                     | 33                     |
| Perdida de masa (%)  | D 1754               | -----                  | 0.8                    | 0.73            | 1.09                   | 1.35                   | 1.6                    | 1.84                   |
| Penetración retenida (%)                                       | D 1754               | 54                     | -----                  | 65              | 61                     | 58                     | 55                     | 53                     |

Los valores máximos y mínimos de la presente tabla, corresponden a los establecidos en las Especificaciones del MOP <sup>2</sup>

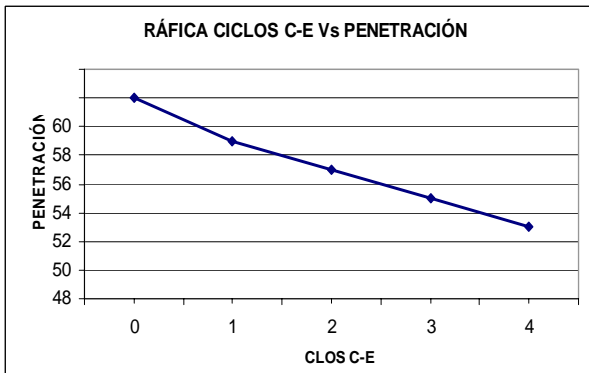
**Figuras asfalto natural AP3 penetración 60-70**



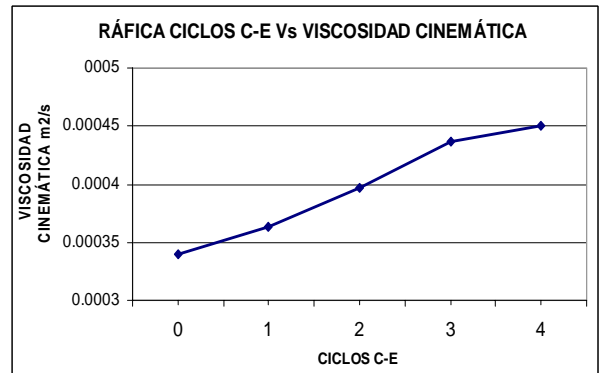
**Figura 3.**



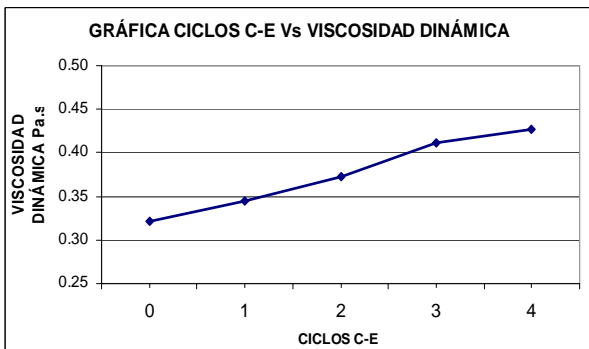
**Figura 4.**



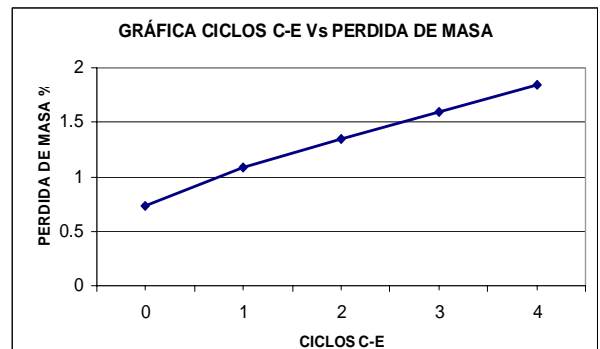
**Figura 5.**



**Figura 6.**



**Figura 7.**



**Figura 8.**

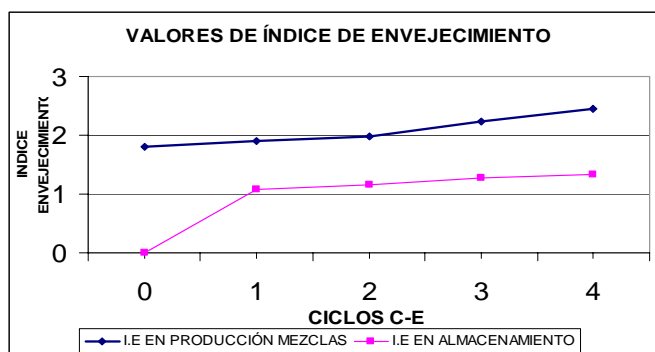
### Determinación del índice de envejecimiento.

En la tabla 2 se muestra los valores de índice de envejecimiento del asfalto en estado natural como después de cada ciclo de calentamiento-enfriamiento.

**Tabla 2. Resultados del valor del índice de envejecimiento.**

| Muestra de asfalto | Viscosidad Dinámica Pa.s | Viscosidad Dinámica después del Ensayo de Película Delgada Pa.s | Índice de envejecimiento en almacenamiento | Índice de envejecimiento en producción mezclas |
|--------------------|--------------------------|---|--|--|
| Natural            | 0.32                     | 0.58  |  | 1.81   |
| Primer ciclo       | 0.34                     | 0.61  | 1.07                                       | 1.90   |
| Segundo ciclo      | 0.37                     | 0.64  | 1.16                                       | 1.99   |
| Tercer ciclo       | 0.41                     | 0.72  | 1.28                                       | 2.23   |
| Cuarto ciclo       | 0.43                     | 0.79  | 1.33                                       | 2.46   |

En la figura 9 se observa el comportamiento de los valores de índice de envejecimiento en cada ciclo de calentamiento-enfriamiento



**Figura 9.**

### Determinación de la incidencia de los ciclos de calentamiento-enfriamiento en las mezclas asfálticas.

En la tabla 3 se muestra la variación de las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente que fueron elaboradas con asfalto sometido a cada uno de los ciclos de calentamiento-enfriamiento.

**Tabla 3. Resultados del valor de la estabilidad y flujo en la mezcla asfálticas.**

| MUESTRA       | ESTABILIDAD (N) | Valor mínimo de estabilidad requerido(N) | FLUJO | Rangos de valores de flujo permitidos |
|---------------|-----------------|--|-------|---------------------------------------|
| Natural       | 11486.4         | 8007.6                                   | 14    | 8.- 14                                |
| Primer ciclo  | 11450.8         |  | 14    |                                       |
| Segundo ciclo | 11370.7         |  | 12    |                                       |
| Tercer ciclo  | 10534.4         |  | 10    |                                       |
| Cuarto ciclo  | 10449.9         |  | 9     |                                       |

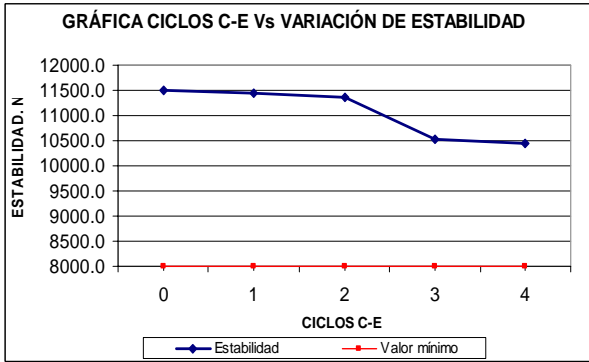


Figura 10.

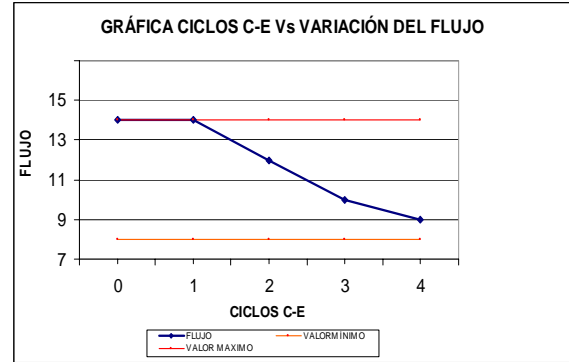


Figura 11.

Asfalto modificado con 1.5% polímero SBS y 4% aceite térmico.<sup>3</sup>

Tabla 4 Resultados de la variación de las propiedades físicas del asfalto modificado sometido a los ciclos de calentamiento-enfriamiento.

| Ensayo   | Norma de ensayo ASTM | Asfalto 1.5% Polim. | Resultad. 1 ciclo C-E | Resultad. 2 ciclo C-E | Resultad. 3 ciclo C-E | Resultad. 4 ciclo C-E |
|--|----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Penetración(100gr, 298°K, 5 seg)                               | D 5                  | 67                  | 66                    | 60                    | 57                    | 55                    |
| Punto de reblandecimiento °K                                   | D 2398               | 330                 | 331                   | 331                   | 333                   | 335                   |
| Punto de inflamación °K  | D 92                 | 533                 | 533                   | 535                   | 535                   | 536                   |
| Punto de combustión °K   | D 92                 | 543                 | 543                   | 542                   | 541                   | 541                   |
| <b>ENSAYO EN ASFALTO DESPUES DE ENSAYO DE PELICULA DELGADA</b> |                      |                     |                       |                       |                       |                       |
| Punto de reblandecimiento °K                                   | D 2398               | 340                 | 341                   | 342                   | 343                   | 343                   |
| Incremento temperatura °K                                      | D 2398               | 283                 | 284                   | 285                   | 286                   | 286                   |
| Penetración(100gr, 298°K, 5 seg)                               | D 5                  | 45                  | 44                    | 42                    | 41                    | 38                    |
| Perdida de masa (%)  | D 1754               | 1.39                | 2.10                  | 2.61                  | 2.93                  | 3.09                  |
| Penetración retenida (%)                                       | D 1754               | 67                  | 66                    | 63                    | 61                    | 58                    |

Figuras asfalto modificado con polímero SBS

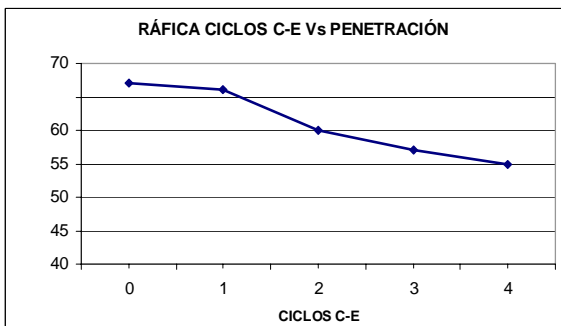


Figura 12.

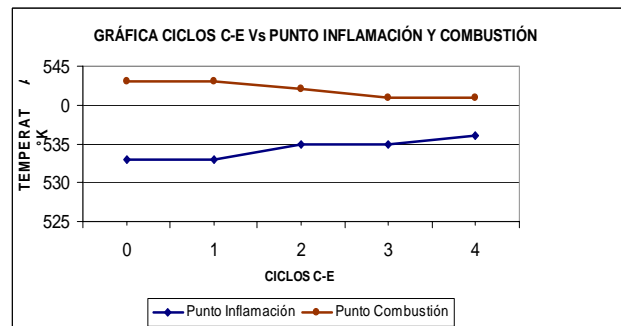


Figura 13.

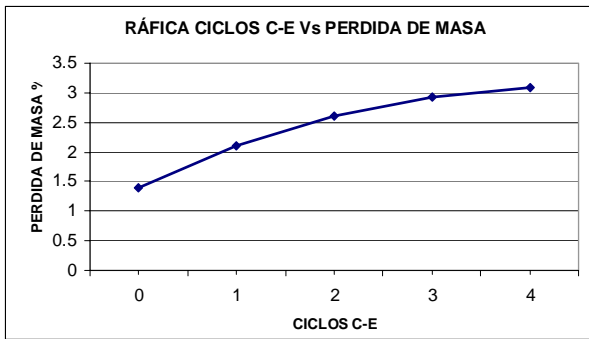


Figura 14.

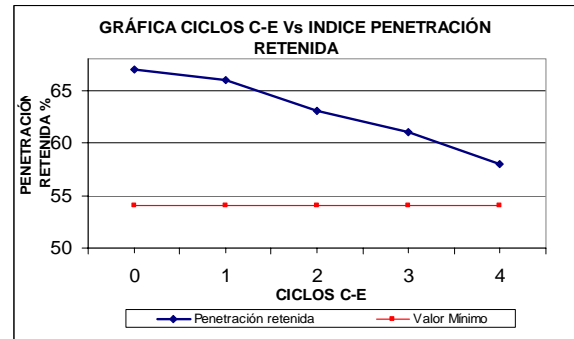


Figura 15.

**Determinación de la incidencia de los ciclos de calentamiento-enfriamiento en las mezclas asfálticas elaboradas con asfalto modificado con polímero SBS. Tabla 5**

**Tabla 5 Resultados del valor de la estabilidad y flujo en la mezcla asfálticas elaboradas con asfalto modificado.**

| MUESTRA       | ESTABILIDAD (N) | Valor mínimo de estabilidad requerido | FLUJO | Rangos de valore de flujo permitidos |
|---------------|-----------------|---------------------------------------|-------|--------------------------------------|
| Natural       | 15414.6         | 8007.6                                | 15    | 8 - 14                               |
| primer ciclo  | 14471.5         |                                       | 13    |                                      |
| segundo ciclo | 14062.2         |                                       | 12    |                                      |
| tercer ciclo  | 12273.8         |                                       | 12    |                                      |
| cuarto ciclo  | 11771.1         |                                       | 11    |                                      |

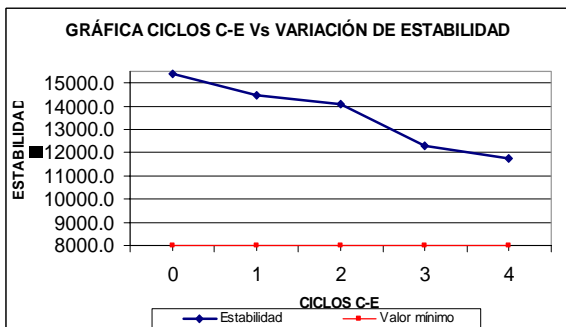


Figura 16.

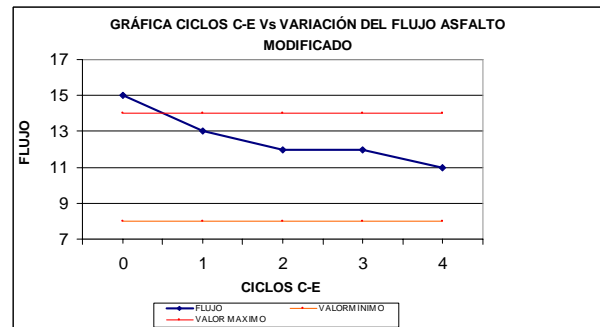


Figura 17.

**CONCLUSIONES.**

- En la caracterización del ligante asfáltico AP3 de penetración 60-70 los valores se encuentran dentro de los rangos especificados por el MOP del Ecuador 2002, Sección VIII Pág. 68. De acuerdo a los resultados se observa que los valores de consistencia del asfalto natural disminuyen después de cada ciclo de calentamiento, es así que los valores de consistencia varían de 62 décimas de milímetro en su estado natural a 53 en el 4to ciclo, lo

que significa que esta por debajo del valor mínimo requerido en las especificaciones, cuyo valor es de 55 décimas de milímetro.

- En lo concerniente al punto de reblandecimiento en el asfalto natural como en el modificado tienden a aumentar con los ciclos de calentamiento – enfriamiento. El valor para el asfalto natural es de 326 °K. y para el modificado es de 330 °K., este es mayor debido a que el polímero aumenta la elasticidad del asfalto y por ende aumenta la temperatura del punto de reblandecimiento.
- El índice de penetración retenida disminuye tanto en el asfalto natural como en el modificado con cada ciclo, sin embargo, esta disminución es menor en el asfalto modificado, aquí disminuye en 9% en los 4 ciclos y en el asfalto natural en 12%, esto se debe a que el asfalto modificado presenta mayor resistencia al envejecimiento.
- La viscosidad dinámica y la viscosidad cinemática aumentan en cada ciclo de calentamiento-enfriamiento, estos ensayos solo se realizaron para el estudio del asfalto natural debido que los asfaltos modificados se los analiza con un viscosímetro rotacional y en nuestro laboratorio no se cuenta con el equipo para realizarlo.
- El índice de envejecimiento determinado en la etapa de almacenamiento aumenta en cada ciclo, los valores van desde 1.07 hasta 1.33, de igual manera sucede con el índice de envejecimiento después de la producción de mezclas asfálticas resultando aproximadamente el doble es decir llegó hasta 2.46.
- Los resultados de estabilidad y flujo determinados en briquetas elaboradas con asfalto natural y con asfalto modificado tienden a disminuir después de cada ciclo, sin embargo, estos valores se encuentran dentro de los rangos especificados por el MOP.
- Para el asfalto natural se recomienda no realizar más de dos ciclos de calentamiento – enfriamiento toda vez que este no se lo caliente por encima de los 423°K. y para el asfalto modificado se recomienda no más de 3 ciclos a a temperaturas superiores a los 453°K.

### **AGRADECIMIENTO.**

A los señores ingenieros Vinicio Suárez Chacón y Jorge Luís Palacios Riofrío Directores de la Unidad de Ingeniería Civil Geología y Minas (UCG) y Escuela de Ingeniería Civil respectivamente; a la Universidad Técnica Particular de Loja.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- [1] Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano. “Influencias de los ciclos de Calentamiento-Enfriamiento en las propiedades físicas del asfalto utilizado en mezclas asfálticas, El Salvador, (2003): pp 10-11
- [2] Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes (Ecuador: MOP, 2002). Capítulo VIII, Sección 810-1: p. 68.
- [3] Alonso Zúñiga S. “Influencia de las partículas deletéreas en las mezclas asfálticas“, Tesis de maestría, Loja-Ecuador, (2007): pp 112-115