

---

## ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES ESPESORES DE LOSA DE PAVIMENTO PARA LA RUTA NACIONAL 7E TRAMO I, SAN JULIÁN – TAMAHÚ

---

**Luis Alfredo Ochoa Marroquín**

Mtro. en Ingeniería Vial  
luis8am171258@gmail.com

**Armando Fuentes Roca**

Asesor  
Mtro. en Administración de Proyectos  
afroca2000@hotmail.com

### Resumen

Este trabajo es producto del análisis comparativo de diferentes espesores de pavimento rígido que se realiza entre el espesor propuesto en el estudio de Diseño del Proyecto Ruta Nacional 7E, tramo I, y está propuesto dentro del contrato original en la construcción y pavimentación del subtramo de 12.20 kilómetros localizados entre el paraje San Julián, municipio de Tactic, y el municipio de Tamahú, Alta Verapaz. Se propone un espesor de 0.17 metros, pero fue ejecutado el de 0.16 metros. Al aplicar la metodología AASHTO 93, los resultados obtenidos corresponden a los siguientes espesores: 0.14, 0.15, 0.16, 0.17 y 0.1765 metros. Con la ayuda del software Winpas para pavimentos rígidos de carreteras, pudo demostrarse que la vida útil de la losa de concreto hidráulico, siempre depende de su espesor. Al revisarse el módulo de reacción K de la subrasante, ésta depende directamente del CBR de diseño, para este caso se obtiene de los ensayos hechos a los diferentes materiales obtenidos de las calicatas o pozos a cielo abierto hechos a la subrasante existente.

### Palabras clave

Pavimento de concreto hidráulico, AASHTO 93, software Winpas, geometría del tamaño de las losas, alabeo.

### Abstract

*This work is a comparative analysis of different thicknesses of rigid paving between the thickness proposed in the study of Design of the Project National Route 7E Stretch I and San Julián and the original contract in the construction and paving of the substretch of 12.20 kilometers located between the local government of Tactic, and the local government of Tamahú, Alta Verapaz. The design proposes 0.17 meters thickness of rigid pavement but it was built with 0.16 meters. The results obtained by applying the AASHTO 93 methodology are 0.14 meters, 0.15 meters, 0.16 meters, 0.17 meters and 0.1765 meters. The software Winpas for rigid highways pavings was used to demonstrate that the useful life of the flagstone of concrete hydraulic is in accordance with its thickness. When the reaction module K of the subgrade is reviewed, it depends directly on the design CBR that in this case was obtained from the tests made to the different materials obtained from the pits or open pit made to the existing subgrade and that when plotting.*

### Keywords

*Concrete hydraulic paving, AASHTO 93, software Winpas.*

## Introducción

En Guatemala se ha iniciado con ímpetu la utilización del concreto hidráulico en la pavimentación de carreteras, en lugar de mezclas asfálticas como superficies de rodadura. Como es normal, en todo lo nuevo que se emprende es necesario hacer análisis comparativos de la vida útil del nuevo pavimento, principal impulsor para realizar este trabajo de investigación.

El trabajo consiste en realizar un análisis comparativo de diferentes espesores de losa de pavimento rígido diseñados con la metodología AASHTO '93, con la ayuda del software Winpas de pavimentos rígidos, para determinar la vida útil de las losas de acuerdo con diferentes espesores.

## Desarrollo del estudio

Tomando en consideración lo descrito anteriormente, se realiza una campaña geotécnica, con el fin de conocer la capacidad de soporte de los suelos encontrados en la subrasante y así obtener el CBR de diseño, para esto se realizan calicatas o pozos a cielo abierto, a profundidades que oscilaron entre los 0.80 hasta 1.10 metros, con área aproximada de un metro cuadrado. Se toman muestras representativas de los distintos tipos de suelos debidamente identificadas por clasificación visual del material y localización por estacionamiento sobre la línea del trazo del proyecto.

Las calicatas se realizan inicialmente a cada 250 metros de distancia una de otra; sin embargo, debido a la similitud en características en muestreos consecutivos, se decide realizarlas en puntos intermedios, en donde se determina que los suelos sufren una variación considerable en sus características.

## Resultados obtenidos

Para obtener el CBR de diseño de la subrasante, se realizan corridas en la prensa de CBR, con anillos de 2 000 y 6 000 libras; el resultado que se toma como referencia es el que alcanza el 95 % de compactación en los materiales analizados.

Con este aporte, se creó una tabla de valores de CBR ascendente obteniéndose el porcentaje de cada material, determinándose con esto, el porcentaje de cada uno, lo cual sirvió para plotear en papel logarítmico una gráfica en donde el eje de las X representa valores de CBR en orden ascendente y el eje de la Y a los porcentajes de CBR; se determina un percentil igual a 85, el cual corresponde al 10 %; este se toma como el CBR de diseño, como se puede ver en la figura 1.

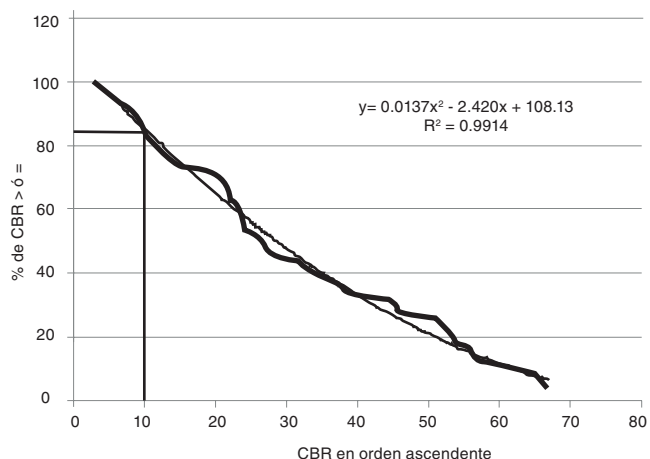


Figura 1. CBR al percentil 85 = 10 % = CBR de diseño.

Para obtener el TPDA y el cálculo de crecimiento vehicular ESAL, se utiliza la clasificación del Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Dirección General de Caminos, la cual clasifica siete tipos de vehículos, distinguiendo los livianos de los pesados.

Debido a la importancia de la ruta en el cálculo de ejes equivalentes, por criterio se utilizó el 5 % de crecimiento vehicular anual, obteniéndose para 20 años un ESAL total de 2, 863,341.

El diseño de la capa subrasante considera un suelo arcillo-arenoso, el cual es tratado con hidróxido de calcio al 3 % en peso del suelo, agregando un 40 % de material granular por cada metro cúbico de subrasante, para que a siete días alcance una resistencia a compresión de 2.4 Mega pascales (Mpa.), el cual es el valor requerido en el diseño.

El diseño de pavimento de concreto se analiza utilizando la metodología de AASHTO '93, tomando en consideración el ESAL total obtenido de los afo-

ros vehiculares, y el CBR obtenido en los ensayos, por lo tanto, el pavimento tiene un espesor de 0.16 metros en toda la sección de la vía; el tamaño considerado de losas es de 3.60 por 3.60 metros, con sobreancho, debiendo cumplir con una resistencia a la flexión de 45 kg/cm<sup>2</sup> y a compresión de 240 kg/cm<sup>2</sup>, con 85 % de nivel de confianza a 28 días.

Se efectúan cortes de losa, sin dovelas ni barras de amarre, de 1.80 metros en sentido longitudinal y 1.80 metros en sentido transversal. Todos los cortes se realizan antes de la segunda noche, después de haber colocado el concreto, y se obvia el sello de juntas.

Para el control de calidad se realizan ensayos de vigas y cilindros; 1 viga y 1 cilindro a los 3 días; 2 cilindros y 2 vigas a los 7 días; 2 cilindros y 2 vigas a los 28 días y de un cilindro y 1 viga a los 90 días.

En el momento de colocar el concreto hidráulico en pista, se mide el revenimiento, el cual por ser colocado con regla vibratoria se acepta de 4 a 5 pulgadas y la temperatura, se mide al salir de la planta de producción y antes de colocarse debe estar entre 20 °C ±10 °C, a más de 32 °C no es permitido colocarse. La apertura al tráfico se hace al alcanzar el concreto hidráulico una resistencia a la flexotracción de 30 kg/cm<sup>2</sup>.

**Discusión de resultados**

Con la ayuda del software Winpas se obtuvo diferente ESAL de diseño al ir variando los valores de espesor de losa.

A partir de ello, el programa plotea una gráfica en la que, en el eje de las X coloca el ESAL y la vida útil en años, y en el eje de las Y los espesores, la cual da como resultado una gráfica del ESAL soportado con base en la variación del espesor de losa  $Y = 4.1288 \ln(X) - 43.727$ , por lo tanto al dibujar esta curva se obtiene la vida útil en años, al intersecar el eje Y con el eje X, tal como se observa en la figura 2.

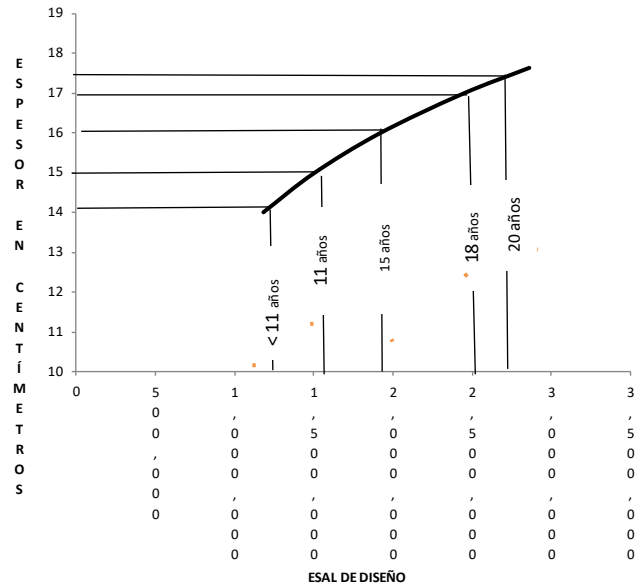


Figura 1.  $Y = 4.1288 \ln(X) - 43.727$ ;  $R^2 = 1$   
Variación del ESAL soportado en base a la variación del espesor de losa.

**Conclusiones**

1. Es de mucha utilidad hacer el análisis comparativo de los diferentes espesores de losa con métodos AASHTO '93 y el software Winpas, para obtener datos de vida útil de los pavimentos, ya que los resultados obtenidos son confiables por ser AASHTO una agencia reconocida internacionalmente en el diseño de pavimentos.
2. La vida útil de un pavimento rígido depende del espesor de losa, el cual se establece en función del módulo de reacción K de la subrasante, que es también una función del módulo resiliente de la misma, y el ESAL de diseño, el cual depende de la variación del espesor de losa.
3. Al verificar la veracidad y confiabilidad de los resultados obtenidos, se determina que el percentil 85 = 10 % de CBR obtenido es el conveniente para diseñar.
4. La correlación de la variación de diferentes ESAL de diseño soportados con base en las variaciones de diferentes espesores de losa, es confiable, por tener un  $(R^2 = 1)$ . Se comprueba que al disminuirle un centímetro al espesor de losa del diseño original se pierden cinco años

de vida útil, el cual refleja un 25 % de pérdida en la vida útil del pavimento.

5. Puede hacerse una contrapropuesta del espesor de losa que falta por construir, (aproximadamente 6 kilómetros), para evitar pérdidas en la vida útil del pavimento de concreto hidráulico y mantenimientos prematuros que perjudican a las comunidades asentadas a lo largo del proyecto, al tránsito usuario y a la economía del país.

### Recomendaciones

1. Utilizar métodos confiables en el diseño de estructuras de pavimentos rígidos, tales como AASHTO '93, por ser mecanicistas, e incorporar la geometría del tamaño de las losas y el alabeo de las mismas, como factores importantes en el comportamiento de este tipo de pavimentos.
2. La metodología planteada en este trabajo es técnicamente confiable, porque utiliza un CBR adecuado para el diseño de subrasante del proyecto, el ESAL calculado para el proyecto y el método matemático y factores de diseño que son recomendados por la metodología AASHTO '93 para diseño de pavimentos.
3. Respetar los diseños originales, debido a que estos están basados en un estudio preliminar, con el fin de alcanzar los mejores resultados, para beneficiar a la población, al tránsito usuario y principalmente a la economía del país.
4. Para obtener buenos resultados cuando se construya una estructura que deba soportar un pavimento de concreto hidráulico, es fundamental que el aspecto geotécnico se fundamente en el cálculo del espesor de losa en función del módulo de reacción K del material de subrasante, el cual depende del CBR de diseño, espesor y módulo de resiliencia del material de base, profundidad de la fundación del pavimento rígido, la pérdida de soporte y el ESAL de diseño.

### Referencias bibliográficas

- Dirección General de Caminos. (2001). Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Guatemala: Dirección General de Caminos e Ingenieros Consultores de Centro América, S. A.
- Guía AASHTO: Diseño de estructuras de pavimentos, 1993. [en línea]. Disponible en: <[http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_102\\_181\\_62\\_936.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf)>. [Consulta: marzo de 2016].
- Instituto Mexicano del cemento y del concreto AC. (2009). Pavimentos de concreto hidráulico. México: IMCC.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2011). Manual de normas para el diseño geométrico de carreteras, con enfoque de gestión de riesgo y de seguridad. Guatemala: SIECA.

### Información del autor

- Ingeniero Civil, Luis Alfredo Ochoa Marroquín, graduado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 1991.
- Posgrado en Volcanology and Volcanic Sabo Engineering, Laboratory of Erosion Control, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Japan. 1992.
- Maestro en Artes en Ingeniería Vial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.