



**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO CON GEOCELDAS, EN
ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO.
ESTUDIO DE CASO CARRERA 12, FUNZA - CUNDINAMARCA**

I.C. YINNA MARCELA URRESTA MELO

**Trabajo de grado para optar el título de
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA – DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS
BOGOTÁ
2015**

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO CON GEOCELDAS, EN
ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO, ESTUDIO DE CASO CARRERA 12, FUNZA -
CUNDINAMARCA**

**ANALYSIS OF DESIGN ALTERNATIVES WITH GEOCELLDS, IN PAVEMENT
STRUCTURES, STUDY OF CASE IN "CARRERA 12, FUNZA - CUNDINAMARCA"**

Yinna Marcela Urresta Melo
Ing. Civil, Apoyo en la Coordinación de Contratos de Mantenimiento Vial
Instituto de Desarrollo Urbano IDU, Bogotá, Colombia
Diciembre de 2014
ginnamarcela20@gmail.com

RESUMEN

En la actualidad, las actividades de rehabilitación de pavimentos son el mecanismo más empleado para recuperar la capacidad estructural de una vía y hacerlo apto para un nuevo período de servicio. Algunas actividades asociadas a la necesidad de rehabilitar implican el retiro de parte de la estructura existente para colocar posteriormente el refuerzo.

La Carrera 12 es una vía del municipio de Funza, que presenta algunos deterioros de tipo funcional y estructural, que impiden la adecuada transitabilidad de los usuarios, generando riesgo de accidentabilidad. Lo anterior ha causado preocupación de entidades implicadas en el mantenimiento vial, por lo cual se decidió su intervención inmediata.

Con base en el informe de diseño de pavimentos de la firma de consultoría Espinosa & Restrepo, se plantea estrategias de intervención con la implementación de nuevas tecnologías de geosintéticos, como lo son los sistemas de confinamiento celular - Neoweb.

El diseño de pavimentos reforzado con Neoweb para la carrera 12, tiene como propósito, optimizar los espesores de diseño para evitar la afectación de redes existentes, así como la disminución del volumen de agregados pétreos y sobre-excavaciones.

En el presente artículo se realiza una descripción de la metodología empleada para el diseño, se efectúa el planteamiento de las estructuras de pavimento reforzadas con Neoweb, en las cuales se varía el espesor de mejoramiento para concluir cual es la alternativa que tiene mayor viabilidad de construcción.

Palabras clave: Geosintéticos, Geoceldas, Rehabilitación, Capacidad Estructural, Pavimento Flexible, Neoweb.

ABSTRACT

At present, pavement rehabilitation activities are the most used mechanisms to recover the structural capacity of a road and make it competent for a new period of service. Some activities associated to the need to rehabilitate involve the retirement from the existing structure to put the reinforcement later.

The “12 Carrera” is a road of Funza town that presents some deterioration of functional and structural type, which inhibits the correct movement of the users, generating risk of accidents. This made the entities involved in the track maintenance worry, for that reason it has been decided to intervene it immediately.

Based on the report about pavement design from the consulting firm Espinosa & Restrepo, intervention strategies are presented with the implementation of new geosynthetics technologies like the cellular confinement systems – Neoweb

The pavements design reinforced with neoweb for the “12 Carrera”, has as purpose, optimize the thickness of design to avoid the affectation of existing nets, as well as the decrease of the volume of stony aggregates and over excavations.

In this article is performed a description of the methodology used for the design the pavement structures reinforced with neoweb is proposed in which the thickness of improvement will vary to conclude wich is the alternative that has more viability to build.

Keywords: Geosynthetics, Geocells, Rehabilitation, Structural Building, Flexible Pavement, Neoweb.

INTRODUCCIÓN

Cuando una vía presenta deterioros y ha perdido capacidad estructural provocando riesgos y problemas de movilidad a los usuarios, es necesario llevar a cabo actividades de rehabilitación encaminadas a garantizar una adecuada condición de servicio, operación y seguridad de la vía.

La rehabilitación de pavimentos tiene como objeto recuperar la capacidad estructural del pavimento y hacerlo apto para un nuevo período de servicio. Esta actividad puede incluir el remplazo de las capas asfálticas, con o sin incorporación de material granular nuevo o existente. Normalmente, los procesos de rehabilitación van asociados a la ampliación de los períodos de vida útil [1].

La vía ubicada en la Carrera 12 del municipio de Funza- Cundinamarca requiere ser intervenida, puesto que presenta daños de tipo superficial y estructural que están afectando la normal circulación de los vehículos que por ella transitan.

La firma consultora Espinoza & Restrepo [2] desarrolló una propuesta inicial de intervención, la cual no fue posible efectuarla debido a las limitantes respecto a las profundidades de excavación e imposibilidad de modificación de rasantes, a causa de andes y sistemas de drenaje.

Con base en lo anterior, se busca una propuesta que permita garantizar el número de ejes equivalentes y vida útil de la vía, desarrollando una estructura de pavimento en espesores mínimos requeridos.

En virtud de esto, se consideró la utilización de nuevas tecnologías que permitan alcanzar dicho propósito, por lo cual se decidió incluir en el diseño de pavimentos, geosintéticos (geoceldas) que actúen como elementos de refuerzo de la estructura de pavimento, a fin de disminuir los espesores de excavación, de mejoramiento y de materiales granulares para la conformación de la nueva vía.

Dentro de este contexto, la aplicación del sistema de geoceldas NEOWEB permite reducir los espesores de la estructura, lo que implica un impacto positivo al proyecto, tanto en costos, como desde el punto ambiental ya que permite reducir la utilización de materiales de cantera con sus respectivos acarrees, a la vez que minimiza las modificaciones al paisaje.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Los geosintéticos son un producto en el que al menos uno de sus componentes está fabricado a base de polímeros sintéticos o naturales. Los geosintéticos se fabrican en forma de fieltro, manto, lámina o estructura tridimensional, los cuales son puestos en contacto con el suelo u otros materiales en aplicación de la Ingeniería Civil. R. Holtz, et al [3].

Neoweb es una nueva generación de geosintéticos fabricado como un sistema de confinamiento con celdas, a partir de un material denominado Neoloy. Sus principales campos de aplicación son la estabilización de subrasantes, refuerzo de estructuras de pavimentos, aplicaciones en estructuras de contención y control de erosión.

En el presente artículo se evaluará la implementación de NEOWEB como refuerzo de la capa granular, en la rehabilitación de la vía ubicada en la carrera 12, en el municipio de Funza.

1.1. ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE CONFINAMIENTO

Los sistemas de confinamiento celular (geoceldas) fueron utilizados por primera vez por Ingenieros del ejército de los Estados Unidos, durante la guerra del Golfo, con la finalidad de lograr una rápida movilidad de sus tropas. Las geoceldas fueron empleadas para confinar la arena del lugar, lo cual aumentaba la capacidad de soporte, facilitando la creación de accesos para vehículos pesados, a altas velocidades de ejecución [4].

Años después, se permitió su uso para aplicaciones civiles y se inició la producción comercial. Sin embargo, a pesar de su aplicación original, el desarrollo de las geoceldas en el mercado de la ingeniería civil se centró principalmente en el control de la erosión de suelos para la protección de canales y taludes.

En estructuras de pavimento, las geoceldas se usaban en las capas estructurales más inferiores, normalmente en la subbase, con el fin de mejorar el soporte de carga de suelos débiles. Esto pasaba por alto, el potencial del sistema en el refuerzo de otras capas de la estructura, que brindaban aplicaciones de mayor permanencia a largo plazo.

1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA NEOWEB

El sistema de geoceldas Neoweb, es un sistema de confinamiento celular tridimensional en una estructura con forma de panal (Ver figura 1). Se emplea en el refuerzo de las capas granulares, ya que gracias al confinamiento de este material, se incrementa el módulo de elasticidad de la capa, permitiendo el rediseño de las estructuras con menores espesores de granulares y concreto asfáltico.

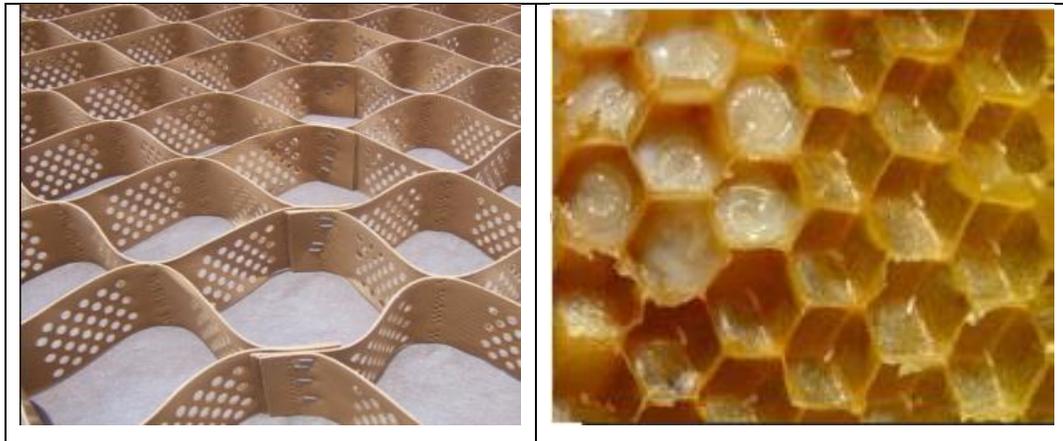


Figura 1. Estructura típica de Geoceldas.

Fuente: Imágenes tomadas de <http://www.projar.es/productos/geoceldas-proweb/geoceldas-proweb/>

El sistema mejora el rendimiento de los materiales de relleno al tiempo que incrementa la capacidad de soporte de carga de las capas de pavimento, simulando una losa semirígida o viga, en la cual se distribuyen las cargas en un área más grande. De esta manera, disminuyen los esfuerzos sobre la subbase y/o la subrasante, lo que permite la reducción de los asentamientos totales y diferenciales, incrementando la vida útil de la estructura de pavimento [5].

El efecto más importante de las geoceldas es restringir la deformación lateral bajo presión del material de relleno, lo cual se consigue por las fuerzas del anillo de

tracción de la geocelda y la resistencia pasiva de las celdas adyacentes [6]. A continuación se presenta la figura 2 en la que se ilustra lo descrito.

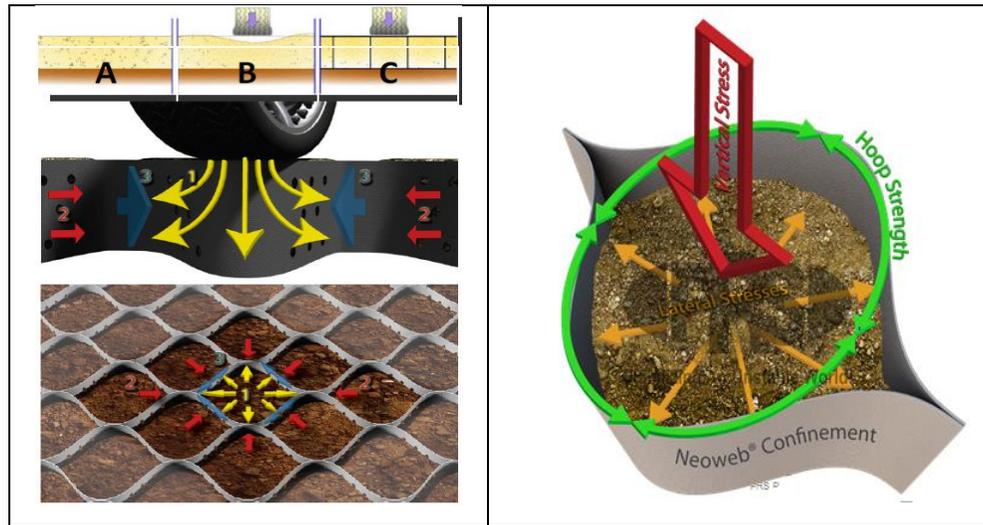


Figura 2. Distribución de esfuerzos en el sistema de Geoceldas.
Fuente: Meyer & Emersleben, 2005

1.3. METODOLOGÍA DE DISEÑO

La metodología de diseño empleada en el presente artículo, es la establecida en el Manual de Diseño con Geosintéticos de Pavco.

1.3.1. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO MEJORADO

La capa reforzada con Neoweb provee un módulo mejorado para zonas parciales y totalmente confinadas. El cálculo de este módulo se realiza empleando el siguiente esquema.



Figura 3. Fórmula del cálculo del módulo mejorado reforzado
Fuente. Manual de Diseño con Geosintéticos, 9 ed. Geosistemas Pavco. 2012

1.3.2. DETERMINACIÓN DEL MIF

El factor de mejoramiento denominado MIF (Modulus Improvement Factor), es un valor adimensional, con rango de 0 a 5 y sus valores están asociados a las características del material granular, así como el tipo de material sobre el que se apoye la Neoweb.

El MIF varía como se indica a continuación:

- A menor módulo del material de lleno \Rightarrow Mayor es el MIF
- Entre mayor sea el módulo del material de soporte \Rightarrow Mayor es el MIF

Este factor afecta a la zona totalmente confinada por la Neoweb, es decir a la capa de material correspondiente a la altura de la geocelda, más 2cm por encima y 2 cm por debajo de los límites de la Neoweb. En consecuencia, en el diseño se afecta el módulo de dicha zona, tal y como se aprecia en la figura 4.

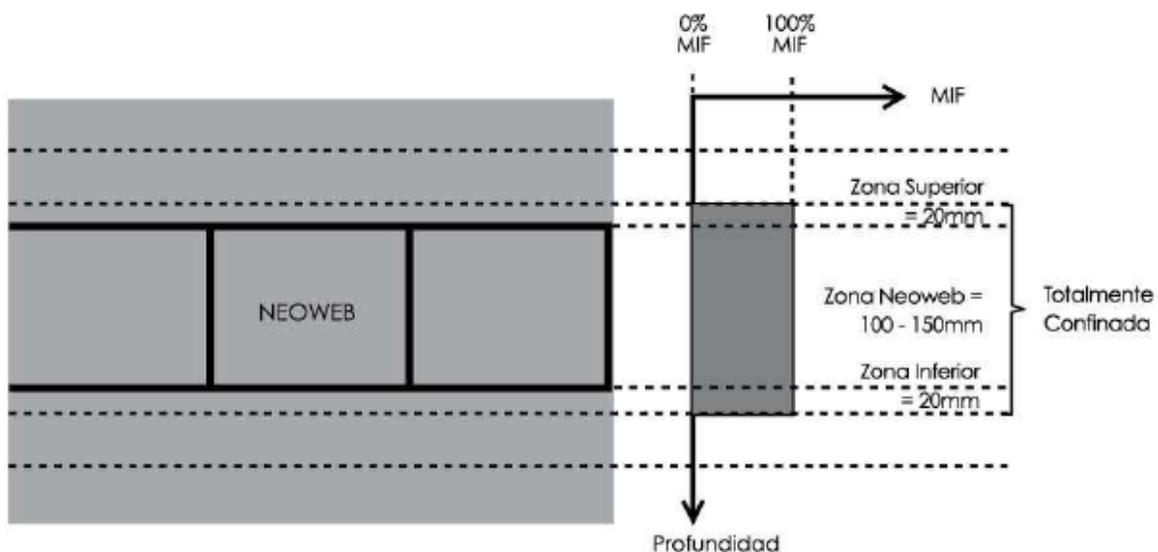


Figura 4. Capas donde actúa el MIF

Fuente. Manual de Diseño con Geosintéticos, 9 ed. Geosistemas Pavco. 2012

La zona parcialmente confinada, no es tomada en cuenta en los cálculos estructurales y actúa como elemento de transición entre la rigidez del suelo confinado y las capas granulares o adyacentes de módulos más bajos.

Múltiples investigaciones, realizadas por Geosistemas PAVCO involucraron ensayos de laboratorio y de campo, han determinado valores típicos del MIF para materiales granulares convencionales tanto de llenado como de soporte. Estos valores se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Valores típicos de MIF

Capa de Soporte	Módulo del material de relleno (Mpa)				
E soporte (MPa)	80	110	150	200	300
50	4	3,6	3	2,5	1,8
100	4,2	3,8	3,2	2,8	2
150	4,5	4	3,4	2,9	2,1
200	4,8	4,2	3,6	3,1	2,2
300	5	4,4	3,8	3,3	2,3

Fuente. Manual de Diseño con Geosintéticos. 9 ed. Geosistemas Pavco. 2012

Los valores de la Tabla 1, pueden graficarse en función del módulo del material de llenado, generando un ábaco que indica los módulos modificados de trabajo para el análisis de la estructura de pavimento.

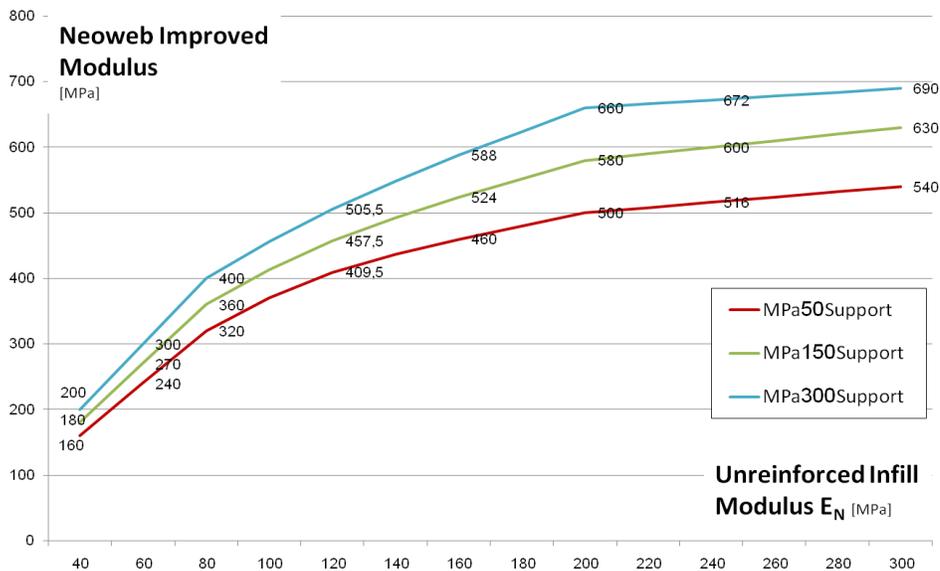


Figura 5. Abaco de módulos modificados de acuerdo con el MIF

Fuente. Manual de Diseño con Geosintéticos 9 ed. Geosistemas Pavco. 2012

Una vez conocida la metodología y con el fin de proceder con el diseño de la estructura reforzada con geoceladas, es necesario tener conocimiento sobre el diseño inicial de pavimentos para la Carrera 12.

2. DISEÑO INICIAL DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – CARRERA 12

La firma consultora Espinosa y Restrepo efectuó el diseño de pavimentos de la carrera 12, con base en los siguientes parámetros:

- Tránsito estimado en ejes de 8.2 toneladas es de 5'504.927.227 Ejes equivalentes para un periodo de diseño de 10 años.
- El valor estimado como CBR de diseño es de 2.4%.

Según los cálculos efectuados por la empresa consultora, las deformaciones máximas admisibles para la estructura de pavimento son las indicadas en la tabla 2.

Tabla 2. Deformaciones máximas admisibles para el diseño

Solicitud	Deformación máx. adm.
ε_t Carpeta Asfáltica	174 E-6
ε_z Subrasante	830 E-6

Fuente. Informe de diseño de Pavimentos de la firma Espinosa y Restrepo. 2013

ε_t = Deformación horizontal por tracción en la fibra inferior de la carpeta asfáltica.

ε_z = Deformación vertical por compresión en la subrasante.

De acuerdo con el estudio de suelos, y los parámetros relacionados anteriormente, a continuación se presentan los espesores de la estructura de pavimento diseñada por la firma Espinosa y Restrepo, la cual se busca optimizar mediante la inclusión del sistema Neoweb:

Tabla 3. Espesores de diseño

Capa	Espesor (m)	Módulo (MPa)
MDC 12	0.08	5000
MDC 20	0.09	5000
Base Granular	0.25	200
Subbase Granular	0.25	105
Mejoramiento existente	0.30	60
Subrasante Lleno Antrópico CBR 2.4%		24

Fuente. Informe de diseño de Pavimentos de la firma Espinosa y Restrepo. 2013

A partir de los anteriores datos, se realizaron los análisis respectivos para diferentes condiciones de espesor de mejoramiento, buscando alternativas con la inclusión de Neoweb como sistema de refuerzo.

3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO REFORZADA CON NEOWEB

Para calcular los módulos modificados, en primer lugar se establece una estructura propuesta con Neoweb, como aparece a continuación.

Tabla 4. Estructura Propuesta Alternativa con Neoweb

CAPA	ESPESOR (m)
Carpeta Asfáltica	0.15
Base Granular reforzada con Neoweb (TS18 H=12cm)	0.15
Geotextil T2100 Separación	-
Mejoramiento Existente	0.30
Subrasante CBR 2.4%	-

Fuente. Elaboración propia

Teniendo en cuenta que el MIF afecta únicamente la zona totalmente confinada y con base en los valores de la tabla 1 y la figura 5, se determinó el valor del MIF y el modulo mejorado de la capa granular, así como el incremento del módulo del mejoramiento debido a los 2 cm de material confinado que soportan la Neoweb. A continuación se presentan las tablas 5 y 6 con los resultados obtenidos.

Tabla 5. Parámetros Base Granular reforzada

MIF	2.8
Espesor Capa	0.16 m
Espesor Celda	0.12 m
Módulo Material Llenado	200 MPa
Módulo Reforzado Mejorado	567 MPa

Fuente. Elaboración propia

Tabla 6. Parámetros material de mejoramiento

MIF	2.8
Espesor Capa	0.3 m
Espesor Celda	0
Módulo Material Llenado	80 MPa
Módulo Reforzado Mejorado	90 MPa

Fuente. Elaboración propia

Una vez definidos los parámetros de las capas que conformarán la estructura de pavimento, se procede a realizar los cálculos de las diferentes alternativas de diseño, buscando como finalidad, la optimización de espesores y con ello un ahorro económico para el proyecto.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para realizar el análisis racional de la estructura, se utilizó el programa **DEPAV**, que es un programa creado para resolver las ecuaciones simultáneas en un sistema elástico multicapa, sometido a la acción de una carga de diseño actuante.

4.1. CHEQUEO DE LA ESTRUCTURA CON MEJORAMIENTO 30 cm

A continuación se presenta la modelación de la estructura de pavimento, con un mejoramiento de 30 cm de espesor, ver tabla 7.

Tabla 7. Modelación con 30 cm de material de mejoramiento.

Número de Capas [2..6]	5			
Radio de Carga [cm]	12.5			
Presión de Contacto [Kg/cm ²]	6.62			
Distancia Entre Ejes de Llantas [cm]	37.5			
Capas	E [Kg/cm ²]	μ []	H [cm]	Ligada ó No
1 ^a	50000	0.35	7	L
2 ^a	50000	0.35	8	L
3 ^a	5670	0.40	15	L
4 ^a	890	0.40	30	L
5 ^a	240	0.45		
6 ^a				

Título del Trabajo : UIA FUNZA					
Número de Capas : 5			Alternativa : 4		
Capa N°	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1 ^a	0.00	2.0600E-04 C	1.8151E+01 B	-1.5700E-04 C	6.6179E+00 A
	7.00	-5.6700E-07 A	3.3038E+00 B	-2.9800E-05 C	4.6804E+00 B
2 ^a	7.00	-5.6700E-07 A	3.3038E+00 B	-2.9800E-05 C	4.6804E+00 B
	15.00	<u>-1.7300E-04 B</u>	-1.1523E+01 B	1.7600E-04 B	1.3460E+00 B
3 ^a	15.00	-1.7300E-04 B	-6.6688E-01 C	3.0700E-04 B	1.3460E+00 B
	30.00	-2.9100E-04 C	-2.2637E+00 C	3.6300E-04 C	3.8341E-01 C
Deflexión		=	109.890 mm/100		
Radio de Curvatura		=	314.440 m		

Título del Trabajo : UIA FUNZA					
Número de Capas : 5			Alternativa : 4		
Capa N°	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
4 ^a	30.00	-2.9100E-04 C	-1.3970E-01 C	5.3200E-04 C	3.8341E-01 C
	60.00	-2.7900E-04 C	-3.0081E-01 C	4.3400E-04 C	1.5296E-01 C
5 ^a	60.00	-2.7900E-04 C	7.0257E-03 B	<u>6.0200E-04 C</u>	1.5296E-01 C
6 ^a					
Deflexión		=	109.890 mm/100		
Radio de Curvatura		=	314.440 m		

Fuente. Elaboración propia a partir del Software DEPAV

Los respectivos análisis de resultados aparecen a continuación.

Tabla 8. Verificación cumplimiento de deformaciones

Solicitud	Deformación Admisible	Deformación Calculado
ϵ_z Subrasante	830 E-6	602 E-6
ϵ_t Carpeta Asfáltica	174 E-6	173 E-6

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo los valores reportados en la tabla 8, se puede afirmar que la estructura propuesta con 30 cm de mejoramiento, cumple con los valores máximos de deformaciones admisibles.

A continuación, se presenta un detalle de la estructura propuesta, donde se incluye una capa de base granular de 15cm de espesor reforzada con Neoweb y una capa asfáltica de 15 cm, ver figura 6.

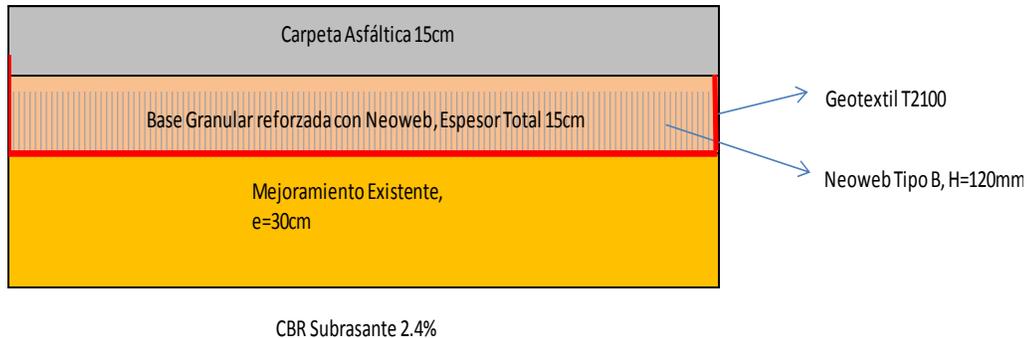


Figura 6. Alternativa de diseño con 20 cm de material de mejoramiento.

Fuente. Elaboración propia

4.2. CHEQUEO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON MEJORAMIENTO 20 cm

Se realiza la modelación en el software DEPAV para revisar la estructura requerida, si el mejoramiento existente en la vía es de 20 cm.

Tabla 9. Modelación con 20 cm de material de mejoramiento.

Número de Capas [2..6]		5		
Radio de Carga [cm]		12.5		
Presión de Contacto [Kg/cm ²]		6.62		
Distancia Entre Ejes de Llantas [cm]		37.5		
Capas	E [Kg/cm ²]	μ []	H [cm]	Ligada ó No
1 ^a	50000	0.35	7	L
2 ^a	50000	0.35	8	L
3 ^a	5670	0.40	16	L
4 ^a	890	0.40	20	L
5 ^a	240	0.45		
6 ^a				

Título del Trabajo : VIA FUNZA					
Número de Capas : 5			Alternativa : 5		
Capa N°	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1ª	0.00	2.0900E-04 C	1.8355E+01 B	-1.6000E-04 C	6.6179E+00 A
	7.00	-1.0900E-07 A	3.3752E+00 B	-3.0900E-05 C	4.6906E+00 B
2ª	7.00	-1.0900E-07 A	3.3752E+00 B	-3.0900E-05 C	4.6906E+00 B
	15.00	<u>-1.7400E-04 B</u>	-1.1625E+01 B	1.7700E-04 B	1.3460E+00 B
3ª	15.00	-1.7400E-04 B	-6.7810E-01 C	3.0900E-04 B	1.3460E+00 B
	31.00	-2.9900E-04 C	-2.3963E+00 C	3.7300E-04 C	3.2834E-01 C
Deflexión		=	113.280 mm/100		
Radio de Curvatura		=	312.200 m		

Título del Trabajo : VIA FUNZA					
Número de Capas : 5			Alternativa : 5		
Capa N°	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
4ª	31.00	-2.9900E-04 C	-1.9068E-01 C	5.1800E-04 C	3.2834E-01 C
	51.00	-3.1700E-04 C	-3.3854E-01 C	4.8800E-04 C	1.7335E-01 C
5ª	51.00	-3.1700E-04 C	9.6973E-03 B	<u>6.7800E-04 C</u>	1.7335E-01 C
6ª					
Deflexión		=	113.280 mm/100		
Radio de Curvatura		=	312.200 m		

Fuente. Elaboración propia a partir del Software DEPAV

Los respectivos análisis de resultados aparecen a continuación.

Tabla 10. Verificación cumplimiento de deformaciones

Solicitud	Deformación Admisible	Deformación Calculado
ϵ_z Subrasante	830 E-6	678 E-6
ϵ_t Carpeta Asfáltica	174 E-6	174 E-6

Fuente. Elaboración propia

Con base en los valores reportados en la tabla 10, es posible afirmar que la estructura propuesta (20 cm de mejoramiento), cumple con los valores máximos de deformaciones admisibles. A continuación, se muestra un detalle de la estructura propuesta, ver figura 7.

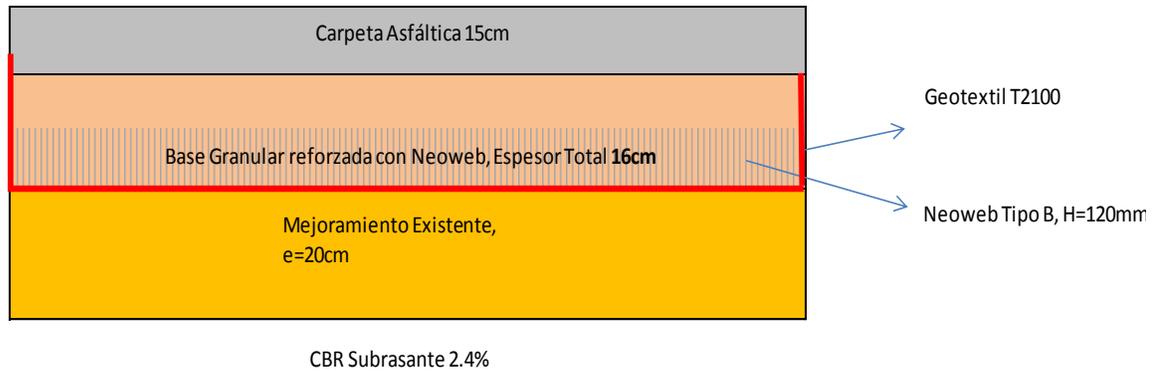


Figura 7. Alternativa de diseño con 20 cm de material de mejoramiento.

Fuente. Elaboración propia

Es importante resaltar que si se realiza un mejoramiento de 20 cm, el espesor de la base, granular reforzada con Neoweb, deberá incrementarse a 16cm, para cumplir con las deformaciones máximas admisibles.

4.3. CHEQUEO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON MEJORAMIENTO 10 cm

Se realizó la misma modelación para revisar la estructura requerida, con un espesor de mejoramiento de 10 cm.

Tabla 11. Modelación con 10 cm de material de mejoramiento.

Número de Capas [2..6]		5		
Radio de Carga [cm]		12.5		
Presión de Contacto [Kg/cm ²]		6.62		
Distancia Entre Ejes de Llantas [cm]		37.5		
Capas	E [Kg/cm ²]	μ []	H [cm]	Ligada ó No
1 ^a	50000	0.35	7	L
2 ^a	50000	0.35	8	L
3 ^a	5670	0.40	18	L
4 ^a	890	0.40	10	L
5 ^a	240	0.45		
6 ^a				

Título del Trabajo : UIA FUNZA					
Número de Capas : 5			Alternativa : 6		
Capa N°	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
1 ^a	0.00	2.0900E-04 C	1.8355E+01 B	-1.6100E-04 C	6.6179E+00 A
	7.00	2.0800E-05 C	3.4364E+00 B	-3.1700E-05 C	4.7008E+00 B
2 ^a	7.00	2.0800E-05 C	3.4364E+00 B	-3.1700E-05 C	4.7008E+00 B
	15.00	-1.7200E-04 B	-1.1523E+01 B	1.7600E-04 B	1.3664E+00 B
3 ^a	15.00	-1.7200E-04 B	-6.5057E-01 C	3.0900E-04 B	1.3664E+00 B
	33.00	-3.0700E-04 C	-2.5289E+00 C	3.8200E-04 C	2.5900E-01 C
Deflexión		=	114.550 mm/100		
Radio de Curvatura		=	314.210 m		

Título del Trabajo : UIA FUNZA					
Número de Capas : 5			Alternativa : 6		
Capa N°	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm ²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm ²)
4 ^a	33.00	-3.0700E-04 C	-2.5187E-01 C	4.9600E-04 C	2.5900E-01 C
	43.00	-3.4600E-04 C	-3.6097E-01 C	5.2400E-04 C	1.9170E-01 C
5 ^a	43.00	-3.4600E-04 C	1.4990E-02 B	7.3000E-04 C	1.9170E-01 C
6 ^a					
Deflexión		=	114.550 mm/100		
Radio de Curvatura		=	314.210 m		

Fuente. Elaboración propia a partir del Software DEPAV

Los respectivos análisis de resultados aparecen en la tabla 12.

Tabla 12. Verificación cumplimiento de deformaciones

Solicitud	Admisible	Calculado
ϵ_z Subrasante	830 E-6	730 E-6
ϵ_t Carpeta Asfáltica	174 E-6	172 E-6

Fuente. Elaboración propia

Por tanto, se concluye que la estructura propuesta cumple con los valores máximos de deformaciones admisibles para el tráfico esperado.

A continuación, se presenta un esquema de la estructura propuesta:

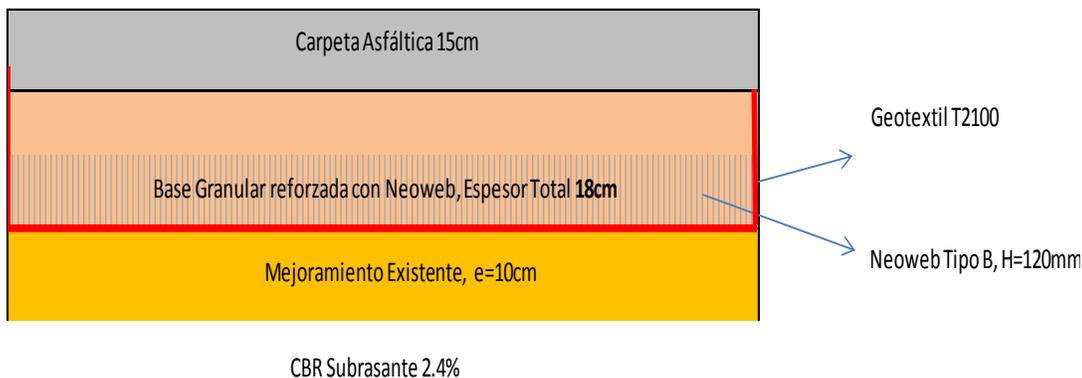


Figura 8. Alternativa de diseño con 10 cm de material de mejoramiento.

Fuente. Elaboración propia

Nótese que para cumplir con los requerimientos del diseño, si el espesor de mejoramiento existente es de 10cm, deberá incrementarse a 18cm el espesor de la capa de base granular reforzada con Neoweb.

Una vez evaluadas las alternativas planteadas para 10 cm, 20 cm y 30 cm de mejoramiento, se considera que por facilidad en procesos constructivos y con base en las características de los materiales existentes en la vía, la alternativa de diseño recomendada para la rehabilitación de la vía ubicada sobre la carrera 12 en el municipio de Funza, es una carpeta asfáltica de 15 cm, apoyada sobre una capa de base granular confinada con Neoweb en un espesor de 16 cm, que a su vez estará cimentada sobre un mejoramiento de tipo rajón en 20 cm de espesor.

Con el propósito de que las actividades constructivas vayan acorde con el tiempo de vida útil que se desea lograr, es necesario:

- Cumplir con todos los requerimientos del drenaje, siendo la presencia de niveles freáticos un factor determinante para el comportamiento a largo plazo de la estructura de pavimento.
- Antes de la instalación de la Neoweb deberá realizarse una uniformización y mejoramiento de la superficie de apoyo, así como una pre compactación del material granular existente en el sitio. Es necesario extender un Geotextil No tejido T2100 como elemento de separación.

- Todos los fallos puntuales y zonas con deformación excesiva encontrados durante el proceso de pre compactación deberán ser corregidos puntualmente con excavación y reemplazo por material granular.
- La sección típica de la Neoweb es de 2.5m x 8.0m una, se coloca en forma paralela a la vía para posteriormente alinear las dos secciones de Neoweb y graparlas con una grapadora neumática. Una vez se realice este procedimiento se procede a abrir las celdas
- Se recomienda disponer de un espesor de 7cm (antes de la compactación) por encima de la Neoweb antes de permitir el tránsito de cualquier equipo.

Las características de la Neoweb presente en el cálculo aparecen a continuación.

Tabla 13. Información Técnica Neoweb

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	VALOR MINIMO PROMEDIO POR ROLLO
Altura de la celda	Medido	120mm
Resistencia a la tensión de fluencia	ISO 10319	18 kN/m
Tiempo de inducción a la oxidación (OIT)	ASTM D 3895	125 minutos
Factor de Reducción por Creep A 50 Años	ASTM D-6992	<2.7
Coefficiente de expansión térmica	ASTM E831	<80 (ppm/°C)
Resistencia a degradación ultravioleta	≅200 °C (min)	>250 ≅ (200 °C (min))
Garantía Estabilidad Dimensional	75 años	

Fuente. Manual de Diseño con Geosintéticos 9 ed. Geosistemas Pavco. 2012

5. CONCLUSIONES

El diseño propuesto con Neoweb, respecto al diseño convencional planteado por la firma consultora Espinosa & Restrepo, permite reemplazar la capa de subbase y disminuir considerablemente el espesor de la base granular, así como el espesor de mejoramiento.

Tabla 14. Comparación espesores de diseño

Capa	Espesor Diseño Inicial (m)	Espesor Diseño con Neoweb (m)
MDC 12	0.08	0.08
MDC 20	0.09	0.09
Base Granular	0.25	0,16
Subbase Granular	0.25	-
Mejoramiento Tipo Rajon	0.30	0,2
Subrasante CBR 2.4%		

Fuente. Elaboración propia

La optimización de espesores que se consigue con la tecnología Neoweb, lleva implícita la disminución del volumen de agregados pétreos, lo cual se convierte en una solución efectiva frente a la afectación de redes existentes, evitando sobre-excavaciones y minimizando el transporte y explotación de materiales pétreos no renovables.

Es importante aclarar que con base en la metodología de diseño de estructuras de pavimento con Neoweb, el incremento del módulo mejorando reforzado, es directamente proporcional al módulo del material de soporte e inversamente proporcional al módulo del material de llenante.

Una de las premisas del diseño, contempla que para el llenado de la Neoweb únicamente podrá usarse material granular, tal como grava, subbase granular, base granular, RAP, entre otros. El sistema no es eficiente con materiales clasificados de alta plasticidad, puesto que no se lograría el confinamiento suficiente para soportar las deformaciones a las cuales la estructura de pavimento estará expuesta.

Pese a que la inversión inicial de una estructura de pavimento reforzada con Neoweb frente a una estructura convencional, tiende a ser mayor, a largo plazo se alcanzará un ahorro económico superior puesto que la Neoweb proporciona mejores rendimientos en comparación con la solución tradicional, además de brindar una vida útil mucho mayor a la inicialmente planteada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1]. INVIAS; (2008). Guía Metodológica para el Diseño de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras (2 ed.), Bogotá D. C.

- [2] Espinosa y Restrepo; (2013). Informe de Diseño de Pavimentos Carrera 12 – Funza, Cundinamarca.
- [3] R. Holtz, B. R. Christopher and R. R. Berg. (1998). Geosynthetic Design and Construction Guidelines. USA. Institute Federal Highway Administration. 147p.
- [4] Alvarado Amado, M. A. (2009). Estado del Arte de los Geosintéticos para el Diseño de Obras Cviles; Maracaibo, Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta.
- [5] Geosistemas Pavco; (2012). Manual de Diseño con Geosintéticos (9 ed.), Bogotá D. C.
- [6] Emersleben, A., & Meyer, N. (2008). Bearing Capacity Improvement of Gravel Base Layer in Road Constructions Using Geocell. International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics.
- [7] Duarte Duarte, M. A. y Sierra Parra V. (2011). Estudio del Comportamiento de un Material de Subrasante Típico de Bogotá Estabilizado con un Sistema de Geoceldas ante la Aplicación de Ciclos de Carga y Descarga mediante Pruebas de Laboratorio. Bogotá D. C., Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana.