



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO
BENEFICIOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS EN EL USO DE GEOCELDAS EN ESTRUCTURA DE
PAVIMENTOS FRENTE A LOS SISTEMAS TRADICIONALES.

SANDRA MILENA CAÑON LEGUIZAMON

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN

BOGOTÁ D.C 15 NOV 2018



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABLAS	7
Introducción	8
1. Generalidades	10
1.1. Línea de Investigación	10
1.2. Planteamiento del Problema	10
1.2.1. Antecedentes del problema	11
1.2.2. Pregunta de investigación	12
1.2.3. Variables del problema	12
1.3. Justificación	13
1.4. Objetivos	13
1.4.1. Objetivo general	13
1.4.2. Objetivos específicos	14
1.5. Cronograma	14
1.6. Presupuesto	16
2. Marcos de referencia	17
2.1. Marco conceptual	17
2.2. Marco teórico	17

2.2.1. Pavimento	17
2.2.2. Sub Base granular	20
2.2.3. Base granular	21
2.2.4. Geocelda	22
2.3. Marco jurídico	23
2.4. Marco geográfico	25
2.4.1. Límites del municipio:	27
2.5. Marco demográfico	27
3. Metodología	30
3.1. Fases del trabajo de grado	30
3.2. Instrumentos o herramientas utilizadas	31
3.3. Alcances y limitaciones	31
3.3.1. Alcances:	31
3.3.2. Limitaciones:	32
4. Productos a entregar	32
5. Entrega de Resultados Esperados e Impactos	33
5.1. Aporte de los resultados a la Gerencia de Obras	55
5.2. Cómo se responde a la pregunta de investigación con los resultados	55
5.3. Estrategias de Comunicación y Divulgación	56
6. CONCLUSIONES	57

7. BIBLIOGRAFIA	58
ANEXOS	62

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Estructura típica de un Pavimento

Ilustración 2 Geoceldas Estabilización de Taludes.

Ilustración 3 Muestra Geocelda

Ilustración 4 Vía Parcelas Cota, Cundinamarca.

Ilustración 5 Mapa Político del municipio de Cota Cundinamarca.

Ilustración 6 Densidad Poblacional

Ilustración 7 Mapa Municipal Cota

Ilustración 8 Muestra Geocelda (Fuente: Proyecto de Grado “Optimización y refuerzo de estructuras de pavimento flexible mediante Geoceldas”)

Ilustración 9 Movimientos de Redes sistemas Convencionales vs Geoceldas (Fuente: Propia”)

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Cronograma del proyecto

Tabla 2: Presupuesto Global de la propuesta

Tabla 3. Tipos de Sub-Base Granular

Tabla 4: Requerimientos Propiedades físicas de las Geoceldas

Tabla 5: Población Cota Cundinamarca

Tabla 6 Presupuesto de Obra Mejoramiento Vial Tipo Convencional

Tabla 7 Presupuesto de Obra Mejoramiento Vial con Geo-Celdas

Tabla 8 Sistema convencional vs sistema con Geoceldas

Tabla 9 Análisis comparativo ítems de Excavación

Tabla 10 Análisis comparativo capítulo Bases y Rellenos

Tabla 11 Análisis comparativo capítulo Redes de Acueducto y Alcantarillado

Tabla 12 Cronograma de Obra Mejoramiento Vial con sistemas Convencionales

Tabla 13 Ventajas en las instalaciones con Geoceldas

Tabla 14 Beneficios encontrados en las instalaciones con Geoceldas

Tabla 15 Cálculo Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno Método Geoceldas

Tabla 16 Cálculo Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno Método Convencional

INTRODUCCIÓN

Con este proyecto de investigación, se pretende aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo del programa de Gerencia de Obras, donde se pueda evaluar el uso de geoceldas o también llamado sistema de confinamiento celular, como nuevas tecnologías en la construcción de estructuras de pavimento frente a los sistemas tradicionales.

El desarrollo a nivel mundial de los diferentes materiales geosintéticos usados en los proyectos de obra civil, son una de las alternativas eficientes en la solución de problemas de ingeniería. En el área de la mecánica de suelos y geotecnia se han convertido en una herramienta fundamental para optimizar recursos y lograr soluciones técnicas en obra, que antes demandaban altos costos y mayores tiempos de ejecución. Bajo este concepto se ha evidenciado una brecha entre la industria que está en el desarrollo de estos productos y la academia donde se sigue presentando los sistemas tradicionales de construcción.

Los usos de las geoceldas en las estructuras de pavimento se han venido implementando en diferentes proyectos de infraestructura vial en Colombia desde hace algunos años; este sistema en sus inicios se especificó en el sector petrolero debido a las condiciones agrestes de los tipos de suelos de las vías de exploración, donde la falta de materiales competentes para la construcción, obligaba a implementar soluciones con geoceldas, evidenciando el aporte mecánico a materiales granulares de la zona como crudos de río, minimizando los tiempos de ejecución y logrando mayor tiempo de servicio en la operación

Las implementaciones en la instalación de las geoceldas tienen como objetivo, el mejorar la capacidad portante del suelo existente, buscando beneficios durante la ejecución del proyecto como son: conveniencia en el tiempo de ejecución, menor inversión presupuestal, mejoras en la estructura de soporte del segmento vial, amigable con el medio ambiente ya que la implementación de este método no convencional sustituiría la instalación de la piedra rajón, minimizando así la continua explotación de canteras.

Las geoceldas son un sistema tridimensional de confinamiento celular fabricado en polietileno de alta densidad con una superficie texturizada y paredes perforadas que mejoran la fricción con el

material granular al tiempo que mejora el drenaje del sistema; son muy resistentes en el confinamiento de cargas por lo que se utiliza para aumentar la capacidad de carga del suelo, sin generar problemas de contaminación. Como base tridimensional las geo-celdas pueden mejorar la estabilidad, aumentar la capacidad de soporte de carga y la distribución de la presión; su característica de llenado rápido y permeabilidad pueden acortar los tiempos de construcción y mejorar la productividad.

1. GENERALIDADES

1.1.LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación del presente trabajo corresponde a Materiales aplicado a los nuevos sistemas de los procesos de mejoramiento de vías donde habrá una mejora a nivel económico, social y ambiental para un sector en desarrollo de infraestructura vial.

1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al mal estado de las vías en Colombia, se han evidenciado una serie de falencias presentadas en la malla vial; esta problemática se viene presentando décadas atrás generando afectaciones a las comunidades y su entorno. “la deficiencia en el estado de la estructura vial, ha afectado en su gran mayoría a los trasportadores que anuncian constantemente los sobrecostos debido a la pérdida de mercancía que transportan a diario, esto sin contar las constantes reparaciones que deben realizar a los vehículos por las fallas que presentan durante los trayectos por estas vías. Adicional podemos recalcar las molestias de los habitantes de muchas zonas del país que se movilizan por este tipo de vías y que se ven afectadas sus labores rutinarias. El Pais, (2013, Febrero 01). Mal estado de las vías en Colombia. Bogotá: Diario el País.com.co. Recuperado de <http://www.elpais.com.co/economia/mal-estado-de-vias-en-colombia-generan-35-en-sobrecostos-a-transportadores.html>

(Col Prensa de la Republica, 2013, p. 1) “En algunas zonas del país ya se contemplan contratos con entidades públicas y privadas donde se revisan los pliegos de licitación que deben ser manejados por las diferentes alcaldías con un presupuesto no superior a los 450.000 millones de pesos (Solo para Bogotá). Estos contratos contemplan la ejecución del mejoramiento vial con propuestas de diseños convencionales que refieren a mejoramientos con demolición de la capa asfáltica existente, excavaciones a profundidades indicadas según las propuestas y reparación con capas de lleno, sub-base, base y capa asfáltica, generando unos costos elevados que muchas veces

incrementan los presupuestos deseados.

1.2.1. Antecedentes del problema

Para finales de los años 70 el cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos, para poner a prueba la viabilidad de la construcción de caminos de acceso táctico sobre suelos blandos, los ingenieros descubrieron que los sistemas de confinamiento de arena se desempeñaban mejor que las secciones de piedra triturada convencional; por lo anterior, desarrollan el primer sistema de confinamiento celular como método de construcción de caminos, pistas de aterrizaje entre otros, sobre suelos blandos. (Geosynthetics, 2017, p. 03)

A través de los años se ha podido implementar en varios tipos de obras como en la estabilización de suelos, control de erosión en taludes, revestimiento de canales y en muros de suelos mecánicamente estabilizados, cuyos procesos han tenido una aceptación positiva en el ámbito de la ingeniería civil a nivel mundial.

Es por ello que Existen varios tipos de materiales como las geoceldas o Sistemas de confinamiento celular, las cuales se están fomentando a nivel de diseño y ejecución de obra como una nueva tecnología. Este sistema permite realizar mejoras a la capacidad portante de los suelos con un menor espesor en capas granulares garantizando el mismo nivel de servicio y con la propiedad de poder usar afirmado o materiales no tan competentes que en otras circunstancias no se usan. Entre sus ventajas se encuentran:

- ✓ Estos sistemas Permiten reciclar los materiales que se encuentran en las vías como los granulares o realizar mezclas entre sub-bases y materiales afirmados que no cumplen con la Norma Técnica.
- ✓ En las obras el costo de llevar un material competente como bases, sub-bases granular, puede salir elevado.
- ✓ Se puede reemplazar un espesor de capa de rajón de mejoramiento de 60 cm por una geocelda de 20 cm de espesor donde se garantiza la misma condición de estabilidad de la obra y el contratista puede ejecutar más kilómetros de vía con menos costo.
- ✓ Reducción considerable en los tiempos de ejecución de obra

- ✓ No requiere mano de obra calificada en su instalación ni maquinaria fuera de lo convencional.

En el Municipio de Cota actualmente se viene desarrollando la construcción de vías en zonas que presentan baja capacidad portante y alta condición de tráfico como son las zonas de los parques empresariales ubicadas en el sector de Parcelas; debido al gran desarrollo industrial de estos complejos empresariales, el municipio contempla como tarea prioritaria, la ampliación de su malla vial a menores costos con el fin de optimizar a los recursos municipales. Adicional cabe recalcar que las entidades como la gobernación de Cundinamarca, ministerio de transporte, ANI e INVIAS, hacen un llamado al uso de las nuevas tecnologías que permitan garantizar mayor vida útil de estos segmentos viales a bajos costos. Es por ello que en la ciudad de Bogotá se ha venido implementando el sistema desde el año 2010 en las localidades de Engativá, Fontibón San Cristóbal, Barrios Unidos, Suba, chapinero y otros obteniendo, como resultado un mejor comportamiento estructural en la malla vial

1.2.2. **Pregunta de investigación**

¿Es más rentable desde el punto de vista económico y financiero realizar estructuras viales con pavimentos convencionales o con sistemas de confinamiento celular (Geoceldas)?

1.2.3. **Variables del problema**

Una de las variantes principales del problema de investigación, refiere al costo actual de una estructura de pavimento del sistema tradicional vs el costo de la ejecución de una estabilización de vía bajo el concepto del sistema con geoceldas.

Otra de las variaciones que se consideran importante, es la evaluación del tiempo de ejecución de un proyecto realizado bajo un diseño convencional vs el tiempo de instalación de las nuevas tecnologías con geoceldas.

En cuanto a la dimensión ambiental, se analiza el aprovechamiento de materiales

constructivos recuperados de la excavación y/o demoliciones de la vía existente y la optimización de los materiales de cantera. Disminución del impacto del proyecto hacia la comunidad por menor tiempo de ejecución. Mitigación del riesgo y afectación de redes de servicios públicos por intervenciones a gran profundidad.

1.3.JUSTIFICACIÓN

Como futuros gerentes de proyectos en empresas de obras civiles desde el punto de vista académico, es importante fomentar el uso de las nuevas tecnologías dando herramientas para la incorporación de estos sistemas que se están viendo implementados en todos los campos de infraestructura vial a nivel nacional.

Desde el punto de vista temático aún existe gran desconocimiento en la aplicación de estos sistemas de geoceldas en la infraestructura vial que puede llegar a solucionar grandes problemas técnicos en ejecución y romper el paradigma que lo califica como un sistema costoso.

Desde el punto de vista de oportunidad el utilizar este tipo de tecnología y actualizar los costos del sistema, puede generar que este proyecto sea visible y aplicable a las áreas de influencia vial que requiera una implementación inmediata para mejorar las condiciones de movilidad, transporte y comunicación o servicio.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Realizar el estudio Costo-Beneficio del análisis comparativo entre un sistema convencional y el uso de las geoceldas en estructuras de pavimentos para el tramo de vía Parcelas Kilómetro 2 del municipio de Cota Cundinamarca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las condiciones actuales del tramo de vía a intervenir (Tráfico y condición de servicio).
- Análisis costo beneficio de las dos alternativas de implementación con el fin de demostrar la mejor alternativa basadas en los criterios técnicos de los productos.
- Ejecutar cuadro comparativo de las ventajas y desventajas por cada propuesta.
- Darle herramientas técnicas y económicas a un gerente de proyectos de obra para poder implementar el uso de las geoceldas en una estructura de pavimento.

1.5. CRONOGRAMA

La programación fue desarrollada y analizada, de acuerdo a los avances que se han venido ejecutando durante los tiempos contemplados para el anteproyecto de grado; este cronograma tiene como objetivo, minimizar los tiempos de investigación de los temas que competen el adelanto del proyecto y realizar un control de programación para identificar que actividades tenemos críticas por desarrollar o que aún no se hayan iniciado.

Tabla 1 Cronograma de proyecto

ANALISIS FINANCIERO USO DE LAS GOCELDAS VS PAVIMENTOS CONVENCIONALES	72 días	mié 14/03/18	jue 21/06/18
Selección Título del Proyecto	2 días	mié 14/03/18	jue 15/03/18
Introducción	1 día	jue 10/05/18	jue 10/05/18
Generalidades	32 días	mié 9/05/18	jue 21/06/18
Línea de Investigación	1 día	jue 10/05/18	jue 10/05/18
Planteamiento del Problema	9 días	vie 11/05/18	mié 23/05/18
Antecedentes del Problema	9 días	mié 9/05/18	lun 21/05/18
Pregunta de Investigación	3 días	jue 10/05/18	lun 14/05/18
Variables del Problema	3 días	vie 11/05/18	mar 15/05/18
Justificación	1 día?	mié 16/05/18	mié 16/05/18
Objetivos	2 días	sáb 12/05/18	mar 15/05/18
Objetivo General	2 días	sáb 12/05/18	lun 14/05/18
Objetivos Especificos	3 días	sáb 12/05/18	mar 15/05/18

Cronograma	1 día	lun 21/05/18	lun 21/05/18
Programación detallada Desarrollo Anteproyecto	1 día	lun 21/05/18	lun 21/05/18
Presupuesto	2 días	mar 22/05/18	mié 23/05/18
Presupuesto General Desarrollo Proyecto de Grado	2 días	mar 22/05/18	mié 23/05/18
Marcos de Referencia	4 días	sáb 12/05/18	jue 17/05/18
Marco Teórico	3 días	sáb 12/05/18	mar 15/05/18
Marco Jurídico	3 días	lun 14/05/18	mié 16/05/18
Marco Geográfico	3 días	mar 15/05/18	jue 17/05/18
Marco Demográfico	3 días	mar 15/05/18	jue 17/05/18
Metodología	5 días	lun 28/05/18	vie 1/06/18
Fases del Trabajo de Grado	3 días	lun 28/05/18	mié 30/05/18
Instrumentos o Herramientas Utilizadas	2 días	lun 28/05/18	mar 29/05/18
Población Muestra	5 días	lun 28/05/18	vie 1/06/18
Alcances y Limitaciones	5 días	lun 28/05/18	vie 1/06/18
Productos a entregar	12 días	vie 1/06/18	lun 18/06/18
Análisis Financiero	10 días	vie 1/06/18	jue 14/06/18
Aval del Tutor	2 días	vie 15/06/18	lun 18/06/18
Resultados esperados e Impactos	3 días	mar 19/06/18	jue 21/06/18
Bibliografía	5 días	vie 18/05/18	jue 24/05/18

Datos contenidos (Fuente: Los Autores)

1.6. PRESUPUESTO

Tabla 2 Presupuesto global de la propuesta

ANALISIS FINANCIERO USO DE LAS GOCELDAS VS PAVIMENTOS CONVENCIONALES				PRESUPUESTO INICIAL		
GRUPO/ CAP	ITEM.	DESCRIPCION	UN	INICIALES		
				CANTIDAD INICIAL	VALOR UNIT INICIAL	PRESUPUESTO INICIAL
GRUPO 1 - PRELIMINARES						\$ 200.000,00
	1,10	Oficinas	GL	1,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
GRUPO 2 VIAJES GENERALES						\$ 150.000,00
	2,10	Visitas de Obra	Viaje	10,00	\$ 15.000,00	\$ 150.000,00
GRUPO 3 - SALIDAS DE CAMPO						\$ 705.000,00
	3,10	Salidas de Investigacion	Dias	12,00	\$ 30.000,00	\$ 360.000,00
	3,20	Almuerzo	Un	15,00	\$ 15.000,00	\$ 225.000,00
	3,30	Refrigerio	UN	15,00	\$ 8.000,00	\$ 120.000,00
GRUPO 4 - GASTOS GENERALES						\$ 1.977.000,00
	4,10	Alquiler equipo (Por dos Estudiantes)	Mes	3,00	\$ 200.000,00	\$ 600.000,00
	4,20	Servicio Técnico	un	2,00	\$ 70.000,00	\$ 140.000,00
	4,30	Camara Fotografica	Un	1,00	\$ 850.000,00	\$ 850.000,00
	4,40	Papeleria	Gl	1,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
	4,50	Impresiones	Un	300,00	\$ 400,00	\$ 120.000,00
	4,60	Plotter B/N	Pliego	5,00	\$ 5.000,00	\$ 25.000,00
	4,70	Plotter Color	Pliego	6,00	\$ 7.000,00	\$ 42.000,00
GRUPO 22 - ASESOR						\$ 400.000,00
	5,10	Asesor Técnico	HR	10,00	\$ 40.000,00	\$ 400.000,00
TOTAL PRESUPUESTO						\$ 3.432.000,00

Datos contenidos (Fuente: Los Autores)

2. MARCOS DE REFERENCIA

2.1.MARCO CONCEPTUAL

Al plantear alternativas de intervención para la integración de cualquier segmento vial, requiere tener en cuenta diversas variables no siempre fáciles de medir o en ocasiones con excesiva información. Como se ha visto a lo largo de los referentes conceptuales son diversos los aspectos a tener en cuenta, diversas las fuentes de información relevantes y complejas las interacciones de estas fuentes informativas para llegar algún tipo de conclusión válida al respecto. Otro punto importante a tener en cuenta en el desarrollo de este trabajo es que muchos de ellos provienen de fuentes bibliográficas, informes a nivel de localidades, distritales, departamentales y nacionales, gráficos, mapas, tablas, etc. Por ello que se presentan algunos datos cualitativos como cuantitativos, aspecto que complejiza los análisis, los resultados y decisiones que se puedan tomar sobre los análisis.

A lo anterior, se suma que la ingeniería civil siempre se ha visto expuesta a una serie de análisis investigativos y soluciones inmediatas, a largo plazo de los diferentes problemas vistos durante los procesos constructivos a nivel ingenieril. Es por ello que todo proyecto debe ser desarrollado bajo un fin social, económico, ambiental dando una comodidad, unas ventajas y soluciones puntuales a las situaciones vistas, mejorando de una manera progresiva todos aquellos aspectos básicos que implementen materiales, tiempos, tecnología, diseños, durabilidad, economía entre otros.

2.2.MARCO TEÓRICO

2.2.1. Pavimento

Se denomina pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que recibe en forma directa las cargas del tránsito y las transmite a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Los pavimentos se pueden construir bajo diferentes materiales que al paso de los años vienen mejorando sus características físicas implementando nuevas tecnologías que incrementen la

durabilidad, sean amigables con el medio ambiente y lo más importante satisfagan una necesidad básica.

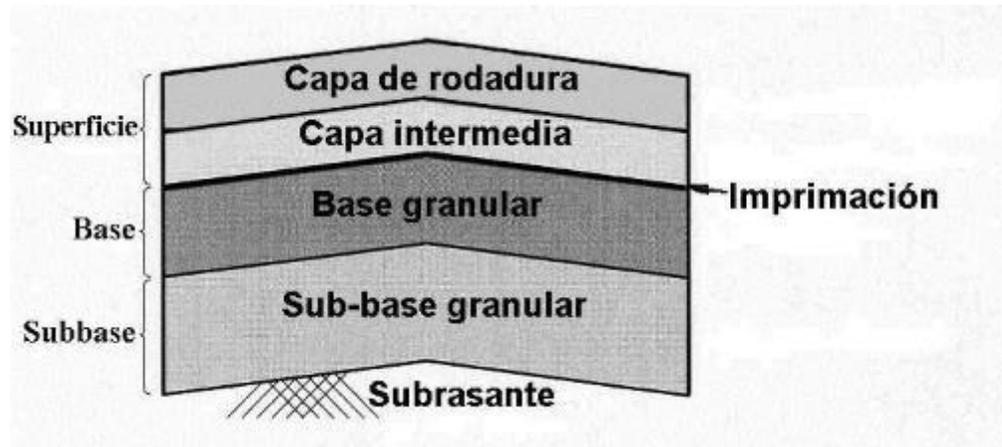


Ilustración 6 Estructura típica de un Pavimento (Fuente; <http://www.tresingenieros.com>)

Para lograr un adecuado funcionamiento de este tipo de estructuras, es necesario contar con criterios básicos como los trazados horizontales, trazados verticales, trazados longitudinales, resistencia a las cargas con el fin de evitar fallas y agrietamientos, que se garantice las condiciones de durabilidad y estabilidad, durante la vida útil de los pavimentos.

La división de capas que se diseña en una estructura de pavimento obedece a un factor económico ya que, al determinar el espesor de una capa se tiene como objetivo, darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediatamente inferior. Las resistencias no solo dependerán del material que la constituye, también resulta de gran influencia de los procedimientos constructivos; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, para que los materiales se acomoden adecuadamente y este se consolide por efecto de las cargas; de no ser así, se produciría las deformaciones permanentes.

[1] Afirma que el pavimento corresponde a una estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como función el permitir el tránsito de vehículos:

- Con seguridad.
- Con comodidad
- Con el costo óptimo de operación
- Superficie uniforme.
- Superficie impermeable.
- Color y textura adecuados.
- Resistencia a la repetición de cargas.
- Resistencia a la acción del medio ambiente.
- Que no transmita a las capas inferiores esfuerzos
- Mayores a su resistencia.

Es importante tener en cuenta que el pavimento puede revestirse con diferentes materiales, como piedras o maderas. El término, sin embargo, suele asociarse en algunos países al asfalto, el material utilizado para construir calles, rutas y otras vías de comunicación. Las denominadas mezclas asfálticas y el hormigón son los materiales más habituales para crear el pavimento urbano, ya que tienen un buen rendimiento de soporte y permiten el paso constante de vehículos sin sufrir grandes daños. [1]

En los últimos años se ha promovido el desarrollo de pavimento que sea sostenible y que respete el medio ambiente. En este sentido cabe mencionar la creación de pavimento que combina el asfalto con el polvo de caucho que se obtiene a partir de neumáticos reciclados y la utilización del producto conocido como noxer, que tiene la capacidad de absorber la contaminación que producen los tubos de escape de los vehículos. Noxer: es un producto que aplicado sobre el asfalto ayuda a purificar el aire en entornos urbanos, tiene en su composición un compuesto químico llamado dióxido de titanio (TiO_2) que con la ayuda de los rayos ultravioletas del sol produce una reacción de fotocatalisis que transforma el óxido de nitrógeno en otras sustancias que quedan fijadas sobre el asfalto (Universidad Tecnológica Nacional, 2012, p. 2).

Tipos de pavimento.

Pavimentos Asfálticos o Flexibles: Son aquéllos construidos con materiales asfálticos y materiales granulares.

- Pavimentos de Concreto o Rígidos: Pavimentos contruidos con hormigón de cemento portland y materiales granulares.
- Otros: Adoquines, empedrados, suelo cemento
- Pavimentos Flexibles o Asfálticos: En general, están contruidos por una capa delgada de mezcla asfáltica contruida sobre una capa de base y una capa de sub-base las que usualmente son de material granular. Estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamada subrasante.
- La capa de rodadura de un pavimento flexible puede contruirse con un hormigón bituminoso, mezclas de arena y betún, o mediante tratamientos superficiales con riegos bituminosos.

2.2.2. Sub Base granular

La sub base está formada por agregados gruesos, obtenidos mediante trituración o cribado de gravas o yacimientos cuyas partículas estén fragmentadas naturalmente, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada”.

Las especificaciones técnicas de un proyecto definen la sub base a emplearse de acuerdo a los estudios de suelo que se efectuaron previamente. En la tabla 3 vemos la clasificación de los tres tipos de sub bases granulares. Es importante respetar y elegir la clase de sub base estipulada en las especificaciones, ya que cada una tiene diferentes características de permeabilidad, resistencia y grados de compactación. (Modenese, 2015, octubre 20)

Tabla 3 Tipos Sub Base Granular

CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE SUB BASES GRANULARES			
TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76,2 mm)	-	-	100
2" (50,4 mm)	-	100	-
1 1/2 (38,1 mm)	100	70 - 100	-
Nº 4 (4,75 mm)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0,425 mm)	10 - 35	15 - 40	-
Nº 200 (0,075 mm)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

(Fuente: <http://www.manualdeobra.com/blog/2015/10/20/clases-de-sub-bases-granulares>)

De acuerdo con el artículo INVIAS 320-07 “se denomina “Sub base granular a la capa localizada entre la sub-rasante y la base granular en los pavimentos asfálticos o la que sirve de soporte a los pavimentos de concreto hidráulico, sin perjuicio de que las especificaciones del proyecto le señalen otra utilización”. En las especificaciones IDRD, además de los usos mencionados se usa como material de soporte de sardineles, bordillos y de otros elementos que no estarán sometidos a tráfico vehicular, tales como escaleras; también se utiliza como capa subyacente a la capa de base granular en pavimentos con adoquines.

2.2.3. Base granular

De acuerdo con el artículo INVIAS 330-07 “Se denomina base granular a la capa granular localizada entre la sub-base granular y las capas asfálticas en los pavimentos asfálticos, sin perjuicio de que los diseños del proyecto le señalen otra utilización”. [2] define tres clases de base granular en función de la calidad de los agregados, dependiendo del proyecto o diseños, se define la clase de base granular a utilizar así mismo el tipo de granulometría a emplear.

[3] define las bases granulares como un elemento que se localiza bajo la capa de rodadura del pavimento y está por encima de la sub base granular; esta posee alta resistencia a la deformación para el soporte de altas cargas. El material solo debe colocarse cuando tengamos la compactación adecuada de la superficie y en su defecto, las densidades requeridas de acuerdo al diseño.

2.2.4. Geocelda

Corresponde a materiales fabricados a bases de polietileno cuyas características garantizan la calidad de las estructuras de pavimentos siendo amigables con el medio ambiente generando soportes de carga en el suelo. [4] Las geoceldas es uno de los materiales pertenecientes a la familia de los geo-sintéticos formados por un sistema celular, tridimensional con forma de panal de abeja y que se rellenan con tierra, grava tierra vegetal.



Ilustración 7 Geoceldas Estabilización de Talues. (Fuente: <https://www.controlerosion.es/productos/geoceldas>)



Ilustración 8 Muestra Geocelda (Fuente: Proyecto de Grado “Optimización y refuerzo de estructuras de

pavimento flexible mediante Geoceldas”)

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deben colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, sin dejar de lado el soporte que ejerce la sub base y base de una estructura vial. Para el caso de este proyecto de investigación se implementará el nuevo sistema de geocelda basado en el confinamiento celular de una sub base granular.

La característica física de este elemento comprende de superficies corrugadas y paredes perforadas con aturas de 15 o 20 cm y perforaciones que no deben de exceder del 11%. Para un material de lleno no mayor a 2”, el tamaño de la celda expandido está en 259 x 224 mm. Para materiales de lleno no mayor a 3”, el tamaño de la celda expandido será de 30 x 287 mm.

Tabla 4 Requerimientos de las propiedades físicas de las geoceldas

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	VALOR MÍNIMO
Densidad del polímero	ASTM D1505	0.935 gr/cm ³
Resistencia de agresiones Medio ambientales	ASTM D5397	>400 horas
Contenido de carbon negro	ASTM D1603	1.5% por peso
Espesor de lámina antes del texturizado	ASTM D5199	1.27 mm + 5%
Espesor de lámina después del texturizado	ASTM D5199	1.52 mm ± 5%

Especificación particular de Construcción (Fuente: Syntex)

2.3.MARCO JURÍDICO

Para la buena construcción de un segmento vial en sus funciones de preservar la calidad,

control y planificación, se hace necesario tener en cuenta las normas y especificaciones, que por ser una entidad nacional se basan en las normas invias, las cuales son descritas a continuación entre otras;

- ✓ Especificaciones Técnicas Invias.
- ✓ Cartilla Gestión del Riesgo
- ✓ Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14
- ✓ Manual de drenaje para carreteras
- ✓ Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras
- ✓ Manual de diseño geométrico
- ✓ Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras
- ✓ Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito
- ✓ Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito
- ✓ Manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras
- ✓ Resolución No. 108 del 26 de Enero de 2015
- ✓ Resolución 1375 del 26 de mayo de 2014
- ✓ Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014
- ✓ Resolución 001049 del 11 de abril de 2013
- ✓ Resolución 007106 del 02 de diciembre de 2009
- ✓ Resolución 2566 - 2567 del 16 de julio de 2010
- ✓ Resolución 000803 del 06 de marzo de 2009
- ✓ Resolución 000744 del 04 de marzo de 2009
- ✓ Resolución 000743 del 04 de marzo de 2009
- ✓ Resolución 003482 del 15 de agosto de 2007
- ✓ Resolución 0024 de 2011

“Memorias de los encuentros institucionales regionales, para el fortalecimiento de la

gestión ambiental, social y predial en el desarrollo de proyectos de infraestructura del Instituto Nacional de Vías -INVÍAS-”

2.4.MARCO GEOGRÁFICO

El tramo de vía donde se realizará el análisis financiero, está localizado en el municipio de Cota Cundinamarca en el kilómetro 2 vía a parcelas.



Ilustración 9 Via Parcelas Cota, Cundinamarca. (Fuente: <https://maps.google.com>)

El municipio está compuesto por el casco urbano conformado por el barrio Centro y el barrio la Esperanza; y sus 8 veredas: La Moya, Cetime, el Abra, Pueblo Viejo, Parcelas, Rozo, Vuelta Grande y Siberia. A Cota se le conoce como la capital indígena colombiana, ya que la mayoría de los chibchas vivieron más cerca a este territorio que a la actual Bogotá.

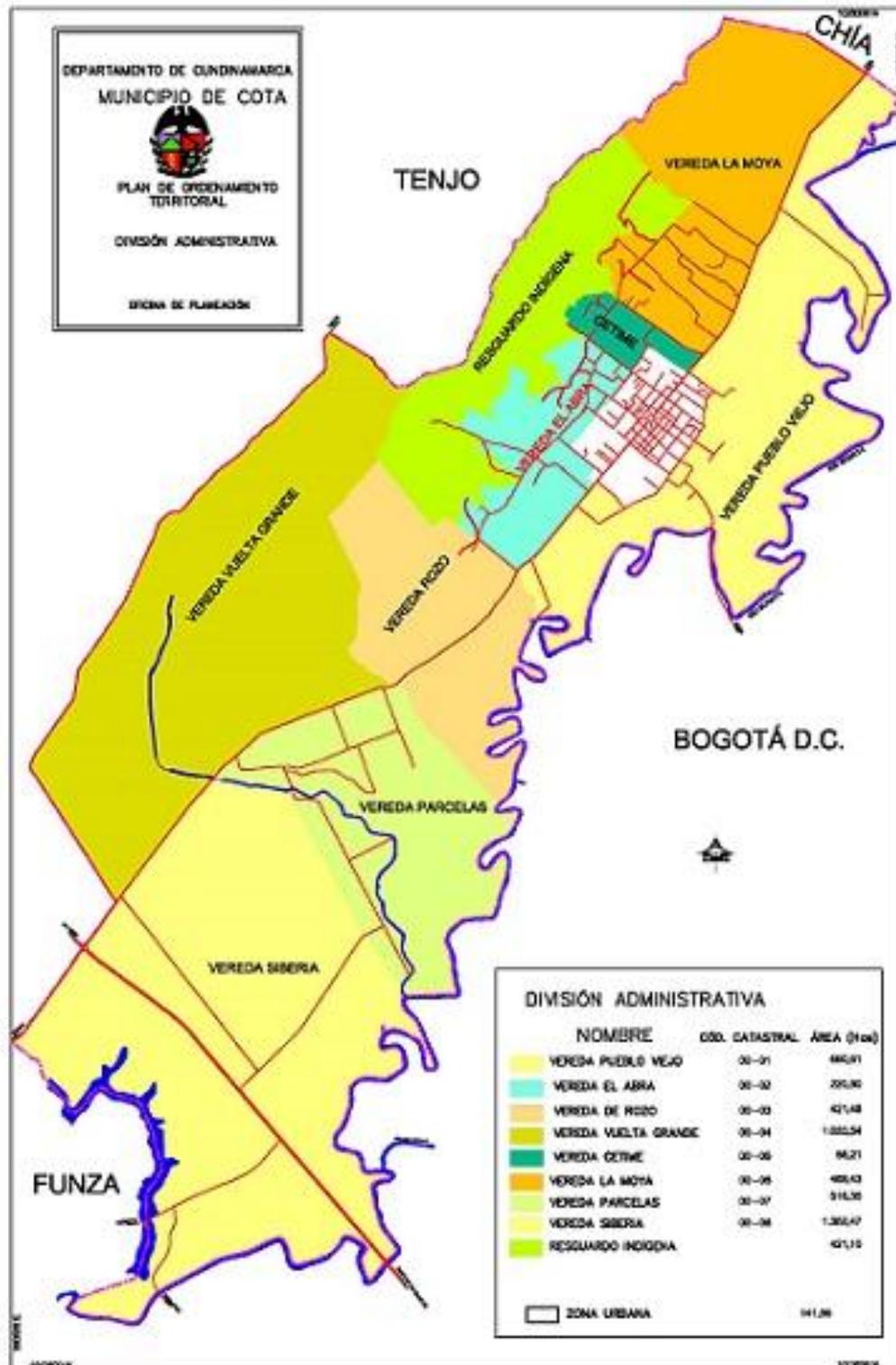


Ilustración 10 Mapa Político del municipio de Cota Cundinamarca. (Fuente: <http://www.cota-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>)

2.4.1. Límites del municipio:

El municipio de Cota limita al norte con el municipio de Chía, al sur con el municipio de Funza, al oriente con Suba localidad de Bogotá D.C y al occidente con el municipio de Tenjo. [5] De acuerdo a la mitología muisca, Cota figura en el itinerario de Bochica, quien desde la cueva del mohán, en la colina de Cetime, predicó el culto al sol y enseñó a cultivar la tierra y a tejer algodón. En la hacienda Buenavista se encuentra la "Cueva del Mohán", profunda caverna de 500 metros de largo aproximadamente, aunque se dice que pasa por debajo de la Serranía de Juaica y conecta con otras del lado de Tenjo.

[5] Afirma que Cota fue fundada como municipio por orden del oidor Diego Gómez de Mena, el 29 de noviembre de 1604, siendo la encomendera Doña María de Santiago. Después de esta fundación se hizo la repoblación en 1638 por Gabriel Carvajal, y otra nuevamente en 1670. El 17 de marzo de 1873, por acuerdo del honorable Concejo Municipal, se ordena el traslado de la cabecera municipal del sitio inicial, en la "Hacienda Santa Cruz", hoy vereda de Pueblo Viejo, al sitio actual, llamado en ese entonces "Tres Esquinas", para que el pueblo estuviera en el Camino Nacional que conectaba a Zipaquirá con Girardot y que era denominado "Camino de la Sal". La forma octogonal del parque está inspirada en la Plaza de la Estrella de París, y su diseño, así como el de la iglesia, fueron elaborados por el célebre Alberto Urdaneta, arquitecto, artista, periodista y General de la República, quien era propietario de la Hacienda Buenavista, ubicada en la vereda de El Abra.

2.5.MARCO DEMOGRÁFICO

Entre los años de 1998 y 2013, se evidencia en el municipio de cota, el arduo crecimiento de la población derivado del conflicto urbano registrado en el país durante varios años. En cuanto a la natalidad de la población, esta registra aumento considerable para el año 2010 sumando así 24.916 habitantes según los cálculos del DANE al año 2015, lo que significa, una tasa de crecimiento anual del 2,04% donde el 55,5% son hombres y el 45,5% son mujeres. (Concejo Municipal, 2016, p. 323)

Tabla 5 Población Cota Cundinamarca

AÑO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
2009	10788	11085	21873
2012	11.509	11.876	23.385
2013	11.760	12.137	23.897
2014	12.010	12.396	24.406

Aspectos Demográficos (Fuente: <http://www.cundinamarca.gov.co/>)

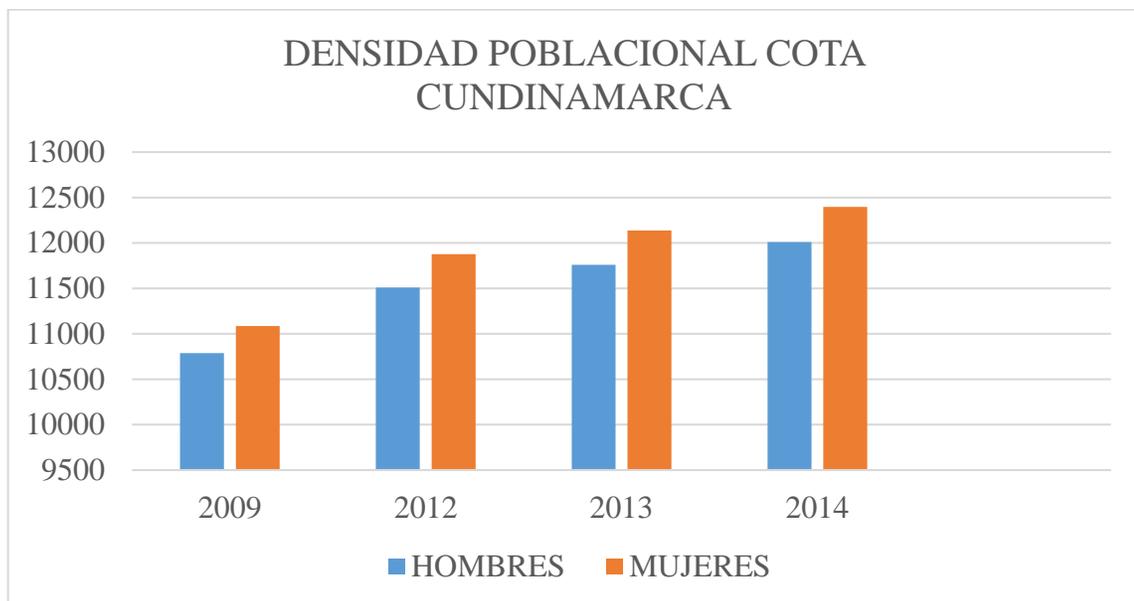


Ilustración 6 Densidad Poblacional (Fuente: Propia)

En el año 2021, el municipio de Cota estará posicionado en la sabana como un municipio

que goza de seguridad y tranquilidad, con una economía estable y pujante, basada en su desarrollo agropecuario e industrial, con más y mejores oportunidades laborales para sus habitantes, consolidándose como polo de desarrollo en la región. Contará además con excelentes condiciones ambientales que favorecen un hábitat saludable, sobresaliendo por sus programas institucionales incluyentes, con un sistema de salud fortalecido, que garantiza un desarrollo integral del ser humano y una mejor calidad de vida evidenciándose así el goce efectivo de los derechos de sus ciudadanos. [5].



Ilustración 7 Mapa Municipal Cota (Fuente: www.google.com/maps/place/Cota,+Cundinamarca)

El plan de desarrollo es uno de los instrumentos fundamentales para el fortalecimiento de la democracia y la promoción del desarrollo en el municipio, es el medio por el cual se presenta el relacionamiento entre los gobernantes y las comunidades. El proceso de formulación, estructuración e implementación de éste genera escenarios de confianza, trazabilidad en la gestión y el avance social, económico, cultural y ambiental del municipio.

Dimensión institucional: Se fundamenta en el conjunto de instituciones que hacen parte del territorio, en las que incluyen tanto las instituciones públicas como los grupos de interés, así como las relaciones que generan entre el Estado y la Sociedad Civil. Dentro de esta dimensión se

encuentra el fortalecimiento institucional de la Administración local, el desarrollo comunitario, la justicia y seguridad ciudadana (urbana y rural), el equipamiento municipal, y los centros de reclusión. El desarrollo en esta dimensión implica construir confianza, estructuras transparentes y relaciones de cooperación entre los actores públicos y privados / locales, regionales y nacionales que inciden en el territorio.

[5], Dimensión económica: Enmarca las formas de apropiación, producción, distribución y consumo de los recursos materiales y no materiales. Que básicamente dependen del equilibrio entre las condiciones competitivas y la capacidad colectiva de un territorio para generar ingresos. Dentro de esta dimensión se considera del empleo el transporte, promoción, las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) y el desarrollo agropecuario. El desarrollo de esta región consiste en adoptar estrategias que movilicen las potencialidades del territorio y los recursos que pueden aprovecharse económicamente del entorno local, regional, nacional e internacional.

3. METODOLOGÍA

Uno de los objetivos de este proyecto de grado, es realizar un análisis comparativo referente a los costos implementados en una estructura tradicional y los costos actualizado de un sistema propuesto con geoceldas, donde se aplicará la Gestión de Costos del proyecto localizado en la vía Parcelas kilómetro 2 del municipio de Cota Cundinamarca; teniendo presente la planificación, los presupuestos, la financiación y el control del proyecto.

Adicional se aplicarán los conceptos fundamentales del análisis económico basados en la toma de decisiones de inversión, cuyas herramientas de comparación se estudiarán con la valoración de la TMAR, VPN Y TIR.

3.1.FASES DEL TRABAJO DE GRADO

Como fases de este proyecto se tendrá varios procesos por realizar para llegar a desarrollar los objetivos (general y específico) del proyecto, de acuerdo a:

- ✓ Estudio de Mercado
- ✓ Recopilación de la información
- ✓ Visitas técnicas en sitio obra
- ✓ Análisis en la Gestión del Valor Ganado (EVM) para un sistema de confinamiento celular vs pavimentos tradicionales, aplicando los conceptos de la gestión de costos y control del cronograma, de acuerdo al alcance del proyecto.
- ✓ Valoración en la gestión de proyectos, teniendo en cuenta la Idea, pre-inversión, la inversión y la operación para la implementación de un sistema constructivo con geoceldas en pavimentos (Rígidos y Flexibles)
- ✓ Aplicar los métodos de valoración de un proyecto, teniendo en cuenta los métodos estáticos y los métodos dinámicos que nos indican los criterios para analizar el tiempo que un proyecto demora en recuperar la inversión.
- ✓ Análisis costo / beneficio del proyecto basado en la fórmula $C/B = \text{Valor presente de flujos positivos} / \text{Valor presente de Flujos Negativos}$.

3.2. INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

- ✓ Guía para la Gestión de Proyectos PMBOK® Guide—2000 Edition
- ✓ Fundamentos de la Ingeniería Económica (Capítulo 2 y 3).

3.3. ALCANCES Y LIMITACIONES

Para este proyecto de investigación y análisis, contamos con variables que pueden llegar a perjudicar los avances del proyecto; entre estas variables podemos contar con:

3.3.1. Alcances:

- ✓ Abarcar únicamente el desarrollo de la investigación en la cabecera municipal de Cota Cundinamarca en tramo via parcelas Kilómetro 2.
- ✓ Tener los conocimientos generales de la aplicación con las nuevas tecnologías para la construcción y rehabilitación de pavimentos.

- ✓ Contar con los análisis técnicos de laboratorios de las estructuras de confinamiento celular con fin de verificar los estándares de calidad, resistencia y durabilidad.

3.3.2. Limitaciones:

- ✓ Falta de actualización de los costos reales en materiales geosintéticos a aplicar.
- ✓ Tener en cuenta que este proyecto no estará enfocado en la ingeniería de tránsito.
- ✓ Los tiempos requeridos para el proceso investigativo, podrían variar de acuerdo a la disponibilidad de los autores.
- ✓ El presupuesto para la realización del proyecto, puede variar dependiendo de las necesidades que probablemente se lleguen a presentar durante su desarrollo.

4. PRODUCTOS A ENTREGAR

Análisis Comparativo de los costos reales para un proyecto de restauración de vías con sistemas de confinamientos celular vs los valores aplicados a un mejoramiento convencional de pavimentos.

Análisis comparativo de los tiempos programados en ejecución real de los dos sistemas constructivos.

Análisis financiero, teniendo en cuenta los métodos de evaluación de proyectos (Valor Actual neto, Tasa interna de Retorno, relación costo Beneficio y costo equivalente).

Planificación de recursos enfocados bajo la guía PM Bock en una estructura de pavimento convencional Vs nuevas tecnologías con Geoceldas

5. ENTREGA DE RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTOS

Es necesario que el Gerente de proyectos en obras de construcción, tenga la capacidad resolver situaciones que enfoquen a tomar las mejores decisiones a la hora de invertir en proyectos de alta envergadura. Estas decisiones se enfocan en los buenos procesos a la hora de implementar los fundamentos matemáticos como herramientas básicas y elementales que ayuden a desarrollar la buena gestión de los proyectos aplicando la formulación, la inversión y por consiguiente la operación.

Con los resultados de este proyecto, se busca dar herramientas en la toma de decisiones al implementar nuevas tecnologías en un proyecto que garantice las condiciones técnicas y de servicio normalmente ofrecidas en los sistemas tradicionales. A continuación, se evidenciarán en las tablas desarrolladas, los elementos desde el tiempo y el costo con los cuales se pueden tomar decisiones para la implementación de nuevas tecnologías:

Tabla 6 Presupuesto de Obra Mejoramiento Vial tipo convencional

TRAMO VIA PARCELAS KILOMETRO 2 COTA COUNDINAMARCA, PROPUESTA ECONOMICA TIPO CONVENSIONAL					
ITEM	DESCRIPCION	UN	CANT	VLR. UNITARIO	VLR. TOTAL
1	GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL				
1,1	Gestión social y seguridad industrial	UND	1,00	\$ 7.200.000	\$ 7.200.000
1,2	Gestión y plan de manejo ambiental y plan de manejo de trafico	UND	1,00	\$ 5.400.000	\$ 5.400.000
	TOTAL GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL				\$ 12.600.000
2	PRELIMINARES				
2,1	Trazado, localización y replanteo	M2	10.880,00	\$ 623	\$ 6.778.240
2,2	Nivelación	M2	10.880,00	\$ 964	\$ 10.488.320
2,3	TOTAL PRELIMINARES				\$ 17.266.560
3	EXCAVACIONES				
3,10	Excavación mecánica en material sin clasificar, incluye retiro de sobrantes y disposición final a botadero	M3	13.056,00	\$ 38.929	\$ 508.257.024
3,20	Transporte de materiales prov. de excavación, canales, prestamos, sobre acarreos y derrumbes	M3-KM	18.278,40	\$ 19.778	\$ 361.510.195

3,30	Trasiego de material de demolición y/o excavación y/o granular y/o mortero y/o concreto en vías de difícil acceso y/o pendientes	M3	1.827,84	\$ 28.121	\$ 51.400.689
3,40	Suministro e instalación de geoceldas h=150 mm para estabilización de estructura de pavimento	M2	0,00	\$ 61.830	\$ 0
3,50	Suministro e instalación de geotextil tejido en polipropileno biaxial de alto flujo y alto módulo de 60 kn, como separación y refuerzo de la estructura de pavimento.	M2	0,00	\$ 14.167	\$ 0
TOTAL EXCAVACIONES					\$ 921.167.908
4	BASES Y RELLENOS				
4,1	Estabilización de sub-rasante con rajón, incluye equipo de compactación (suministro, extendido, nivelación y compactación)	M3	6.528,00	\$ 67.545	\$ 440.933.760
4,2	Sub-base granular (SBG-A) elaborada en planta con materiales reciclados (suministro, extendida nivelación humedecimiento y compactación con vibrocompactador)	M3	4.352,00	\$ 143.370	\$ 623.946.240
4,3	Base granular (BG-A) elaborada en planta con materiales reciclados (suministro, extendida nivelación humedecimiento y compactación con vibrocompactador)	M3	1.088,00	\$ 160.469	\$ 174.590.272
4,4	Relleno para redes en arena de peña (incluye suministro, extendido manual humedecimiento y compactación).	M3	2,74	\$ 92.110	\$ 252.676
4,5	Relleno para redes en sub-base granular b-400 (suministro, extendido humedecimiento y compactación)	M3	2,74	\$ 61.691	\$ 169.231

4,6	Relleno con material de excavación	M3	0,00	\$ 18.202	\$ 0
TOTAL BASES Y RELLENOS					\$ 1.239.892.179
4	MEZCLAS ASFÁLTICAS				
4,1	Conformación de la calzada existente	M2	10.880,00	\$ 803	\$ 8.736.640
4,2	Riego de imprimación (imprimación con emulsión asfáltica (suministro barrido, de superficie y riego)	M2	10.880,00	\$ 3.073	\$ 33.434.240
4,3	Mezcla asfáltica en caliente tipo denso md12 asfalto convencional (suministro extendida nivelación y compactación)	M3	1.088,00	\$ 623.244	\$ 678.089.472
TOTAL MEZCLAS ASFÁLTICAS					\$ 720.260.352
5	CONCRETOS Y ACEROS				
5,10	Sardinel h=0.20m, e=0.15m concreto 3000 psi (fundido en sitio, concreto hecho en obra. inc. sumin, formalet. y const.)	ML	3.200,00	\$ 27.940	\$ 89.408.000
TOTAL CONCRETOS Y ACEROS					\$ 89.408.000
6	REDES DE ALCANTARILLADO Y ACUEDUCTO				
6,1	Apique para verificación de redes.	UN	8,00	\$ 159.788,00	\$ 1.278.304
6,2	Reparación de acometida de acueducto de 1/2" Long entre 8.00 mts y 12 mts pf + uad (incluye 2 uniones de 1/2").tubo pf+uad de ø 1/2" (manguera) suministro e instalación	UN	5,00	\$ 43.983,00	\$ 219.915

6,3	Tubería de Novafort de 6"(suministro e instalación)	ML	180,00	\$ 41.879,00	\$ 7.538.220
6,4	Codo hd 45° extremo liso para PVC d=4"(suministro e instalación)	UN	2,00	\$ 138.095,00	\$ 276.190
6,5	Tubería PVC ext. corrugado/int. Liso norma NTC 3722-1 d=12" (incluye suministro e instalación)	ML	40,00	\$ 110.767,00	\$ 4.430.680
TOTAL REDES DE ALCANTARILLADO Y ACUEDUCTO					\$ 13.743.309
7	DEMARCACIÓN				
7,1	Resalto en caucho anclado incluye suministro e instalación	ML	272,00	\$ 147.924	\$ 40.235.328
7,2	suministro e instalación de tachas reflectivas unidireccionales	UND	60,00	\$ 12.938	\$ 776.280
7,3	Líneas de demarcación con pintura en frio (pintura en plástico en frio metilmetacrilato de a=12 cm para líneas de demarcación con micro-esferas y espesor seco según norma NTC 4744 suministro y aplicación (flechas, pictogramas, líneas de pare, senderos peatonales achurados etc.)	ML	3.200,00	\$ 3.852	\$ 12.326.400
7,4	Pintura en plástico en frio metilmetacrilato de a=12 cm para líneas de demarcación con micro esferas y espesor seco según norma NTC 4744 suministro y aplicación	ML	6.400,00	\$ 7.131	\$ 45.638.400
7,5	Pintura de tráfico y/o imprimante negro (suministro e instalación)	M2	50,00	\$ 15.660	\$ 783.000
7,6	estoperoles de 10 cm x 2.5 cm suministro e instalación	UND	544,00	\$ 9.110	\$ 4.955.840
TOTAL DE DEMARCACIÓN					\$ 104.715.248
TOTAL OBRAS ESPACIO PUBLICO					\$ 3.106.453.556

	SUB-TOTAL COSTOS DIRECTOS (TOTAL CONTRATO)				\$ 3.106.453.556
A		25%			\$ 776.613.389
I		1%			\$ 31.064.536
U		4%			\$ 124.258.142
	TOTAL PRESUPUESTO OBRAS CIVILES				\$ 4.038.389.622
	SUB-TOTAL GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL				\$ 12.600.000
IVA		19%			\$ 2.394.000
	TOTAL GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL				\$ 14.994.000
	TOTAL OBRAS CIVILES + GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL (TOTAL CONTRATO)				\$ 4.053.383.622
	TOTAL INTERVENTORIA 9%				\$ 364.804.526
	TOTAL OBRAS CIVILES + INTERVENTORIA				\$ 4.418.188.148

Datos contenidos (Fuente: Los Autores)

Tabla 7 Presupuesto de Obra Mejoramiento Vial con Geo-Celdas

TRAMO VIA PARCELAS KILOMETRO 2 COTA COUNDINAMARCA, PROPUESTA ECONOMICA CON NUEVAS TECNOLOGIAS GEOSINTÉTICOS					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL				
1,1	Gestión social y seguridad industrial	UND	1,00	\$ 7.200.000	\$ 7.200.000

1,2	Gestión y plan de manejo ambiental y plan de manejo de trafico	UND	1,00	\$ 5.400.000	\$ 5.400.000
TOTAL GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL					\$ 12.600.000
2	PRELIMINARES				
2,1	Trazado, localización y replanteo	M2	10.880,00	\$ 623	\$ 6.778.240
2,2	Nivelación	M2	10.880,00	\$ 964	\$ 10.488.320
2,3	TOTAL PRELIMINARES				\$ 17.266.560
3	EXCAVACIONES				
3,10	Excavación mecánica en material sin clasificar, incluye retiro de sobrantes y disposición final a botadero	M3	5.440,00	\$ 38.929	\$ 211.773.760
3,20	Transporte de materiales prov. de excavación, canales, prestamos, sobre acarreo y derrumbes	M3-KM	4.569,60	\$ 19.778	\$ 90.377.549
3,30	Trasiego de material de demolición y/o excavación y/o granular y/o mortero y/o concreto en vías de difícil acceso y/o pendientes	M3	456,96	\$ 28.121	\$ 12.850.172
3,40	Suministro e instalación de geoceldas h=150 mm para estabilización de estructura de pavimento	M2	10.880,00	\$ 61.830	\$ 672.710.400
3,50	Suministro e instalación de geotextil tejido en polipropileno biaxial de alto flujo y alto módulo de 60 kn, como separación y refuerzo de la estructura de pavimento.	M2	11.424,00	\$ 14.167	\$ 161.843.808
TOTAL EXCAVACIONES					\$ 1.149.555.689
4	BASES Y RELLENOS				

4,1	Estabilización de sub-rasante con rajón, incluye equipo de compactación (suministro, extendido, nivelación y compactación)	M3	0,00	\$ 67.545	\$ 0
4,2	Sub-base granular (SBG-A) elaborada en planta con materiales reciclados (suministro, extendida nivelación humedecimiento y compactación con vibrocompactador)	M3	3.264,00	\$ 143.370	\$ 467.959.680
4,3	Base granular (BG-A) elaborada en planta con materiales reciclados (suministro, extendida nivelación humedecimiento y compactación con vibrocompactador)	M3	1.088,00	\$ 160.469	\$ 174.590.272
4,4	Relleno para redes en arena de peña (incluye suministro, extendido manual humedecimiento y compactación).	M3	0,00	\$ 92.110	\$ 0
4,5	Relleno para redes en sub-base granular b-400 (suministro, extendido humedecimiento y compactación)	M3	0,00	\$ 61.691	\$ 0
4,6	Relleno con material de excavación	M3	0,00	\$ 18.202	\$ 0
TOTAL BASES Y RELLENOS					\$ 642.549.952
4	MEZCLAS ASFÁLTICAS				
4,1	Conformación de la calzada existente	M2	10.880,00	\$ 803	\$ 8.736.640
4,2	Riego de imprimación (imprimación con emulsión asfáltica (suministro barrido, de superficie y riego)	M2	10.880,00	\$ 3.073	\$ 33.434.240

4,3	Mezcla asfáltica en caliente tipo denso md12 asfalto convencional (suministro extendida nivelación y compactación)	m3	1.088,00	\$ 623.244	\$ 678.089.472
TOTAL MEZCLAS ASFÁLTICAS					\$ 720.260.352
5	CONCRETOS Y ACEROS				
5,10	Sardinel h=0.20m, e=0.15m concreto 3000 psi (fundido en sitio, concreto hecho en obra. inc. sumin, formalet. y const.)	ML	3.200,00	\$ 27.940	\$ 89.408.000
TOTAL CONCRETOS Y ACEROS					\$ 89.408.000
6	REDES DE ALCANTARILLADO Y ACUEDUCTO				
6,1	Apique para verificación de redes.	UN	0,00	\$ 159.788,00	\$ 0
6,2	Reparación de acometida de acueducto de 1/2" Long entre 8.00 mts y 12 mts pf + uad (incluye 2 uniones de 1/2").tubo pf+uad de ø 1/2" (manguera) suministro e instalación	UN	0,00	\$ 43.983,00	\$ 0
6,3	Tubería de Novafort de 6"(suministro e instalación)	ML	0,00	\$ 41.879,00	\$ 0
6,4	Codo hd 45° extremo liso para PVC d=4"(suministro e instalación)	UN	0,00	\$ 138.095,00	\$ 0
6,5	Tubería PVC ext. corrugado/int. Liso norma NTC 3722-1 d=12" (incluye suministro e instalación)	ML	0,00	\$ 110.767,00	\$ 0
TOTAL REDES DE ALCANTARILLADO Y ACUEDUCTO					\$ 0
7	DEMARCACIÓN				

7,1	Resalto en caucho anclado incluye suministro e instalación	ML	272,00	\$ 147.924	\$ 40.235.328
7,2	suministro e instalación de tachas reflectivas unidireccionales	UND	60,00	\$ 12.938	\$ 776.280
7,3	Líneas de demarcación con pintura en frio (pintura en plástico en frio metilmetacrilato de a=12 cm para líneas de demarcación con micro-esferas y espesor seco según norma NTC 4744 suministro y aplicación (flechas, pictogramas, líneas de pare, senderos peatonales achurados etc.)	ML	3.200,00	\$ 3.852	\$ 12.326.400
7,4	Pintura en plástico en frio metilmetacrilato de a=12 cm para líneas de demarcación con micro esferas y espesor seco según norma NTC 4744 suministro y aplicación	ML	6.400,00	\$ 7.131	\$ 45.638.400
7,5	Pintura de tráfico y/o imprimante negro (suministro e instalación)	M2	50,00	\$ 15.660	\$ 783.000
7,6	estoperoles de 10 cm x 2.5 cm suministro e instalación	UND	544,00	\$ 9.110	\$ 4.955.840
TOTAL DE DEMARCACIÓN					\$ 104.715.248
TOTAL OBRAS ESPACIO PUBLICO					\$ 2.723.755.801
SUB-TOTAL COSTOS DIRECTOS (TOTAL CONTRATO)					\$ 2.723.755.801
	A	25%			\$ 680.938.950
	I	1%			\$ 27.237.558
	U	4%			\$ 108.950.232
TOTAL PRESUPUESTO OBRAS CIVILES					\$ 3.540.882.541
SUB-TOTAL GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL					\$ 12.600.000

IVA	19%			\$ 2.394.000
TOTAL GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL				\$ 14.994.000
TOTAL OBRAS CIVILES + GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL (TOTAL CONTRATO)				\$ 3.555.876.541
TOTAL INTERVENTORIA 9%				\$ 320.028.889
TOTAL OBRAS CIVILES + INTERVENTORIA				\$ 3.875.905.430

Datos contenidos (Fuente: Los Autores)

De acuerdo a los presupuestos de obra de las tablas 6 y 7, contamos con el comparativo de las dos propuestas, cuyo análisis demuestra que la desviación de los costos, dan como alternativa favorable, desarrollar el proyecto con sistemas basados en nuevas tecnologías (Geo Celdas), ya que estamos garantizando ahorros considerables que pueden ser aprovechados para ejecución de más tramos de vía.

Tabla 8 Sistema convencional vs sistema con Geoceldas

ITEM	DESCRIPCION	VLR. TOTAL		
		CONVENCIONAL	GEO-CELDAS	DESVIACIÓN
1	GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL	\$ 12.600.000	\$ 12.600.000	\$ -
2	PRELIMINARES	\$ 17.266.560	\$ 17.266.560	\$ -
3	EXCAVACIONES	\$ 921.167.908	\$ 1.149.555.689	-\$ 228.387.781
4	BASES Y RELLENOS	\$ 1.239.892.179	\$ 642.549.952	\$ 597.342.227
5	MEZCLAS ASFÁLTICAS	\$ 720.260.352	\$ 720.260.352	\$ -
6	CONCRETOS Y ACEROS	\$ 89.408.000	\$ 89.408.000	\$ -

7	REDES DE ALCANTARILLADO Y ACUEDUCTO	\$ 13.743.309	\$ -	\$ 13.743.309
8	DEMARCACIÓN	\$ 104.715.248	\$ 104.715.248	\$ -
	SUMATORIA TOTAL	\$ 3.106.453.556	\$ 2.723.755.800,96	\$ 382.697.754,78
	A = 25%	\$ 776.613.388,94	\$ 680.938.950,24	\$ 95.674.439
	I = 1%	\$ 31.064.535,56	\$ 27.237.558,01	\$ 3.826.978
	U = 4%	\$ 124.258.142,23	\$ 108.950.232,04	\$ 15.307.910
		\$ 4.038.389.622,47	\$ 3.540.882.541,25	\$ 497.507.081,22
	SUB-TOTAL GESTION SOCIAL	\$ 12.600.000,00	\$ 12.600.000,00	\$ -
	IVA	\$ 2.394.000,00	\$ 2.394.000,00	\$ -
	TOTAL GESTION SOCIAL	\$ 14.994.000,00	\$ 14.994.000,00	\$ -
	TOTAL OBRAS CIVILES + GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL (TOTAL CONTRATO)	\$ 4.053.383.622,47	\$ 3.555.876.541,25	\$ 497.507.081,22
	TOTAL INTERVENTORIA 9%	\$ 364.804.526,02	\$ 320.028.888,71	\$ 44.775.637
	TOTAL OBRAS CIVILES + INTERVENTORIA	\$ 4.418.188.148,49	\$ 3.875.905.429,96	\$ 542.282.718,53

Datos contenidos (Fuente: Los Autores)

Con respecto a la tabla 8, los costos totales para el mejoramiento de un tramo de vía de 1,6 km, tiene una desviación positiva para los costos del proyecto por un valor de **\$542,282,719** pesos si se ejecuta el proyecto con materiales geosintéticos (Geoceldas y geotextil). Como se evidencia en el presupuesto descrito en este capítulo.

Tabla 9 Análisis comparativo ítems de Excavación

3	EXCAVACIONES	UN	VR. UNIT	CANT	CONVENC.	CANT	GEO - CELDAS
3,10	Excavación mecánica en material sin clasificar, incluye retiro de sobrantes y disposición final a botadero	M3	\$ 38.929	13.056,00	\$ 508.257.024	5.440,00	\$ 211.773.760
3,20	Transporte de materiales prov. de excavación, canales, prestamos, sobre acarreos y derrumbes	M3-KM	\$ 19.778	18.278,40	\$ 361.510.195	4.569,60	\$ 90.377.549
3,30	Trasiego de material de demolición y/o excavación y/o granular y/o mortero y/o concreto en vías de difícil acceso y/o pendientes	M3	\$ 28.121	1.827,84	\$ 51.400.689	456,96	\$ 12.850.172
3,40	Suministro e instalación de geo-celda h=150 mm para estabilización de estructura de pavimento	M2	\$ 61.830	0,00	\$ 0	10.880,00	\$ 672.710.400
3,50	Suministro e instalación de geotextil tejido en polipropileno biaxial de alto flujo y alto módulo de 60 kn, como separación y refuerzo de la estructura de pavimento.	M2	\$ 14.167	0,00	\$ 0	11.424,00	\$ 161.843.808
TOTAL EXCAVACIONES					\$ 921.167.908		\$ 1.149.555.689

Datos contenidos (Fuente: Los Autores)

Al analizar la tabla # 9, se evidencia que existe una variación de costos, que al implementar los materiales que refieren a las nuevas tecnologías, resultan más costosos que realizando las obras con los métodos convencionales. Generalmente, al presentar estas alternativas de inversión, los gerentes de proyectos solo analizan esta condición donde están teniendo en cuenta un insumo más sin analizar previamente los beneficios que contempla el manejo de esta tecnología en los otros ítems del presupuesto y el ahorro que se genera en los otros capítulos. Sin embargo, este ítem, se ve compensado en otras actividades que serán explicadas a continuación:

Tabla 10 Análisis comparativo capítulo Bases y Rellenos

4	BASES Y RELLENOS	UN	VR. UNIT	CANT	CONVENC.	CANT	GEO - CELDAS
4,1	Estabilización de sub-rasante con rajón, incluye equipo de compactación (suministro, extendido, nivelación y compactación)	M3	\$ 67.545	6.528,00	\$ 440.933.760	0,00	\$ 0
4,2	Sub-base granular (SBG-A) elaborada en planta con materiales reciclados (suministro, extendida nivelación humedecimiento y compactación con vibro compactador)	M3	\$ 143.370	4.352,00	\$ 623.946.240	3.264,00	\$ 467.959.680
4,3	Base granular (BG-A) elaborada en planta con materiales reciclados (suministro, extendida nivelación humedecimiento y compactación con vibro compactador)	M3	\$ 160.469	1.088,00	\$ 174.590.272	1.088,00	\$ 174.590.272
4,4	Relleno para redes en arena de peña (incluye suministro, extendido manual humedecimiento y compactación).	M3	\$ 92.110	2,74	\$ 252.676	0,00	\$ 0
4,5	Relleno para redes en sub-base granular b-400 (suministro, extendido humedecimiento y compactación)	M3	\$ 61.691	2,74	\$ 169.231	0,00	\$ 0
4,6	Relleno con material de excavación	M3	\$ 18.202	0,00	\$ 0	0,00	\$ 0
TOTAL BASES Y RELLENOS					\$ 1.239.892.179		\$ 642.549.952

Datos contenidos (Fuente: La Autora)

Para este capítulo de la tabla 10, Nos referencian actividades correspondientes a bases y rellenos donde se evidencian variaciones en los espesores de capas para cada alternativa, demostrando que las obras ejecutadas con materiales Geosintéticos de nuevas tecnologías, resultan más económicos con respecto a los pavimentos convencionales. Como dato importante, para este proyecto la estabilización de las sub.rasante con rajón, no se aplica con el sistema Geoceldas ya que este elemento trabaja con el fin de mejorar la capacidad portante del suelo.

Tabla 11 Análisis comparativo capítulo Redes de Acueducto y Alcantarillado

6	REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	UN	VR. UNIT	CANT	CONVENC.	CANT	GEO - CELDAS
6,1	Apique para verificación de redes.	UN	\$ 159.788,00	8,00	\$ 1.278.304	0,00	\$ 0
6,2	Reparación de acometida de acueducto de 1/2" Long entre 8.00 mts y 12 mts pf + uad (incluye 2 uniones de 1/2").tubo pf+uad de ø 1/2" (manguera) suministro e instalación	UN	\$ 43.983,00	5,00	\$ 219.915	0,00	\$ 0
6,3	Tubería de Novafort de 6"(suministro e instalación)	ML	\$ 41.879,00	180,00	\$ 7.538.220	0,00	\$ 0
6,4	Codo hd 45° extremo liso para PVC d=4"(suministro e instalación)	UN	\$ 138.095,00	2,00	\$ 276.190	0,00	\$ 0
6,5	Tubería PVC ext. corrugado/int. Liso norma NTC 3722-1 d=12" (incluye suministro e instalación)	ML	\$ 110.767,00	40,00	\$ 4.430.680	0,00	\$ 0
TOTAL REDES DE ALCANTARILLADO Y ACUEDUCTO					\$ 13.743.309		\$ 0

Datos contenidos (Fuente: La Autora)

Otras de las variaciones importantes dentro de este estudio comparativo presupuestal, refiere al movimiento de las redes acueducto y alcantarillado existentes en este tramo de vía, la cual es necesaria su intervención, si se implementara un método convencional. Cuando se aplica un sistema de diseño y construcción incorporando Geo Celdas, se tienen menores espesores en la estructura de pavimento, evitando la intervención de estas redes y procedimientos que esto implica, los cuales no se detallan los costos de licencias, diseños y trámite ante entidades públicas, convirtiéndose estas en una obra adicional donde se tendrían que desplazar o profundizar según sea el caso.

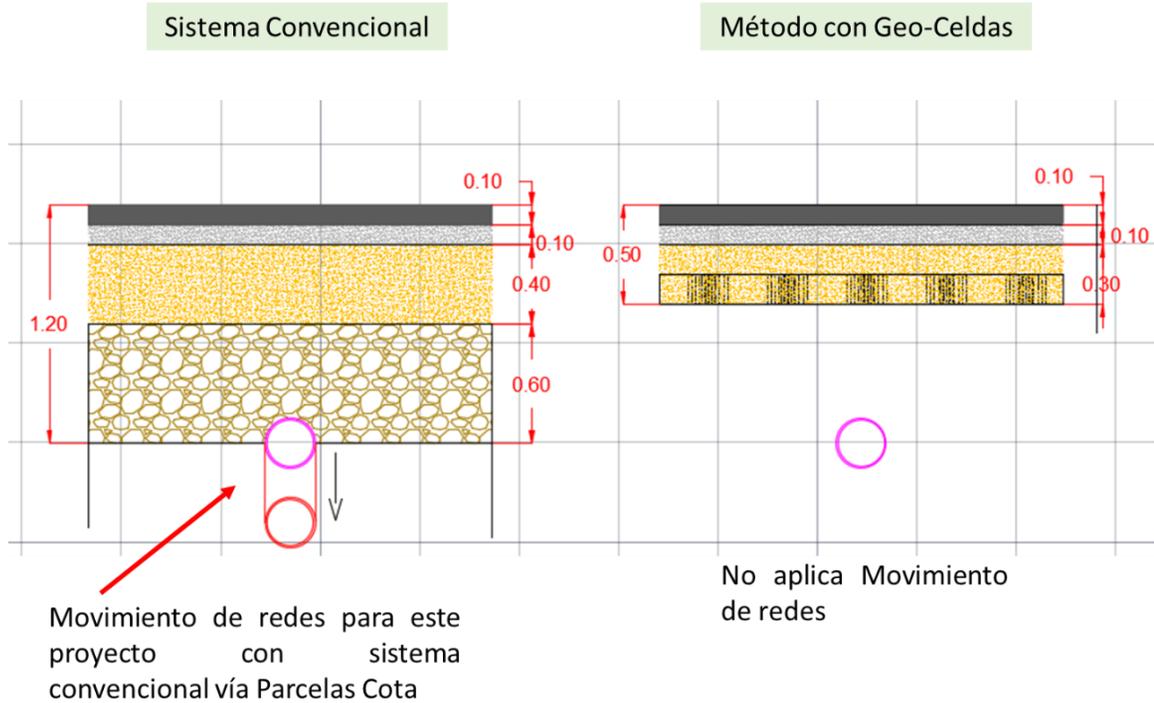


Ilustración 9 Movimientos de Redes sistemas Convencionales vs Geoceldas (Fuente: Propia”)

Tabla 12 Cronograma de Obra Mejoramiento Vial con sistemas Convencionales

NOMBRE DE TAREA	DURACION	COMIENZO REAL	FIN REAL
CONSTRUCCION TRAMO DE VIA METODO CONVENSIONAL	82 días	lun 12/11/18	mar 5/03/19
GESTION SOCIAL	10 días	lun 12/11/18	vie 23/11/18
Gestión Social y Seguridad Industrial	7 días	jue 15/11/18	vie 23/11/18
Gestión y Plan de Manejo Ambiental y Plan de Manejo de Tráfico	10 días	lun 12/11/18	vie 23/11/18
PRELIMINARES	14 días	lun 12/11/18	jue 29/11/18
Trazado Localización y Replanteo	4 días	lun 26/11/18	jue 29/11/18
Nivelación	3 días	lun 12/11/18	mié 14/11/18
EXCAVACIONES	12 días	vie 30/11/18	lun 17/12/18
Excavación Mecánica	10 días	vie 30/11/18	jue 13/12/18

Transporte de Materiales provenientes de la excavación	3 días	mar 11/12/18	jue 13/12/18
Trasiego de Materiales	3 días	jue 13/12/18	lun 17/12/18
BASES Y RELLENOS	42 días	vie 14/12/18	lun 11/02/19
Estabilización de la Sub-rasante Con Rajón	30 días	vie 14/12/18	jue 24/01/19
Sub-Rasante Granular (SBG-A)	9 días	vie 25/01/19	mié 6/02/19
Base Granular (BG-A)	3 días	jue 7/02/19	lun 11/02/19
Relleno y compactación para redes en Arena de Peña	7 días	vie 28/12/18	lun 7/01/19
Relleno y compactación para redes en Sub Base Granular	7 días	vie 28/12/18	lun 7/01/19
MEZCLAS ASFÁLTICAS	16 días	jue 31/01/19	jue 21/02/19
Conformación de Calzada existente	3 días	jue 31/01/19	lun 4/02/19
Riego de Imprimación	15 días	vie 1/02/19	jue 21/02/19
Mezcla Asfáltica en Caliente	15 días	vie 1/02/19	jue 21/02/19
CONCRETOS Y ACEROS	20 días	mar 8/01/19	lun 4/02/19
Instalación de Sardinel H=0,20 cm	20 días	mar 8/01/19	lun 4/02/19
REDES DE ALCANTARILLADO Y ACUEDUCTO	10 días	vie 14/12/18	jue 27/12/18
Apique para verificación de Redes	2 días	vie 14/12/18	lun 17/12/18
Reparación de acometida de Acueducto	2 días	mar 18/12/18	mié 19/12/18
Instalación Tubería Novaford Incluye accesorios	6 días	jue 20/12/18	jue 27/12/18
Instalación Tubería PVC Incluyen accesorios	6 días	jue 20/12/18	jue 27/12/18
DEMARCACIÓN	9 días	lun 18/02/19	jue 28/02/19
Instalación de Resalto en caucho	4 días	jue 21/02/19	mar 26/02/19
Instalación Tachas Reflectivas	4 días	mié 20/02/19	lun 25/02/19
Pintura en Frio de líneas de demarcación (Flechas, Pigtoqramas, Líneas de pare, senderos peatonales, achurados y varios)	5 días	mar 19/02/19	lun 25/02/19
Pintura en plástico frio Metilmetacrilato para líneas de Demarcación	5 días	mar 19/02/19	lun 25/02/19

Pintura de Tráfico y/o Imprimante Negro	5 días	lun 18/02/19	vie 22/02/19
Instalación de estoperoles	3 días	mar 26/02/19	jue 28/02/19
Aseo General	2 días	vie 1/03/19	lun 4/03/19
Entrega Final	1 día	mar 5/03/19	mar 5/03/19

Datos contenidos (Fuente: La Autora)

Los tiempos acogidos para el sistema tradicional, soportan 82 días de ejecución, que se representan en las excavaciones mecánicas necesarias que, de acuerdo a los diseños, es necesaria las excavaciones a 1,20 metros de profundidad para poder llevar acabo la estabilización de la subrasante con rajón con un tiempo requerido de 10 días promedio. Adicional a lo anterior, el proyecto requiere mediante este método, el lleno con rajón que garantice la estabilización de los suelos, generando tiempos extensos en las obras.

Debido a estas excavaciones que requieren excavaciones de mayor profundidad, el proyecto se ve expuesto a otro inconveniente, donde se encuentran redes que no estaban 100% contempladas, debido a la incertidumbre de hallarlas o no. Por lo anterior, se requiere de mayor tiempo para la reubicación de estas redes y garantizar el servicio antes de continuar con el proyecto de mejoramiento vial.

Tabla 12 Cronograma de Obra Mejoramiento Vial con Geo-Celdas

NOMBRE DE TAREA	DURACION	COMIENZO REAL	FIN REAL
CONSTRUCCION TRAMO DE VIA METODO CONVENSIONAL	41 días	mar 13/11/18	mar 15/01/19
GESTION SOCIAL	10 días	mar 13/11/18	lun 26/11/18
Gestión Social y Seguridad Industrial	7 días	mar 13/11/18	mié 21/11/18
Gestión y Plan de Manejo Ambiental y Plan de Manejo de Tráfico	10 días	mar 13/11/18	lun 26/11/18
PRELIMINARES	14 días	mar 13/11/18	vie 30/11/18

Trazado Localización y Replanteo	4 días	mar 27/11/18	vie 30/11/18
Nivelación	3 días	mar 13/11/18	jue 15/11/18
EXCAVACIONES	20 días	lun 3/12/18	jue 3/01/19
Excavación Mecánica	6 días	lun 3/12/18	lun 10/12/18
Transporte de Materiales provenientes de la excavación	2 días	jue 6/12/18	vie 7/12/18
Trasiego de Materiales	2 días	vie 7/12/18	lun 10/12/18
Instalación Geoceldas	11 días	vie 14/12/18	jue 3/01/19
Instalación Geotextil Tejido	3 días	mar 11/12/18	jue 13/12/18
BASES Y RELLENOS	14 días	vie 14/12/18	mié 9/01/19
Sub-Rasante Granular (SBG-A)	11 días	vie 14/12/18	jue 3/01/19
Base Granular (BG-A)	3 días	vie 4/01/19	mié 9/01/19
MEZCLAS ASFÁLTICAS	16 días	jue 6/12/18	mié 2/01/19
Conformación de Calzada existente	3 días	jue 6/12/18	lun 10/12/18
Riego de Imprimación	15 días	vie 7/12/18	mié 2/01/19
Mezcla Asfáltica en Caliente	15 días	vie 7/12/18	mié 2/01/19
CONCRETOS Y ACEROS	20 días	mar 13/11/18	lun 10/12/18
Instalación de Sardinel H=0,20 cm	20 días	mar 13/11/18	lun 10/12/18
DEMARCACIÓN	9 días	mié 26/12/18	jue 10/01/19
Instalación de Resalto en caucho	4 días	mié 2/01/19	mar 8/01/19
Instalación Tachas Reflectivas	4 días	vie 28/12/18	vie 4/01/19
Pintura en Frio de líneas de demarcación (Flechas, Pigtoqramas, Líneas de pare, senderos peatonales, achurados y varios)	5 días	jue 27/12/18	vie 4/01/19
Pintura en plástico frio Metilmetacrilato para líneas de Demarcación	5 días	jue 27/12/18	vie 4/01/19
Pintura de Tráfico y/o Imprimante Negro	5 días	mie 26/12/18	jue 3/01/19
Instalación de estoperoles	3 días	mar 8/01/19	jue 10/01/19

Aseo General	2 días	vie 11/01/19	lun 14/01/19
Entrega Final	1 día	mar 15/01/19	mar 15/01/19

Datos contenidos (Fuente: La Autora)

Al aplicar las alternativas de estabilización de estructura de pavimento empleando las Geoceldas, se nota que las obras varían en tiempos de ejecución gracias a la eficiencia de la instalación de estos materiales, la cual ayudan a la optimización de la excavación de todo el estrato que tiene baja capacidad portante, lo contrario evidenciado mediante la aplicación de una obra con pavimentos convencionales. Lo anterior permite determinar que el proyecto tendría unos tiempos de ejecución que no superan los 41 días obteniendo mayores rendimientos y agilidad en la construcción.

Como refuerzo a los datos obtenidos y con referencia al cronograma y presupuesto de obra, se suma a este proyecto de investigación, un ítem bastante importante y que refiere a las ventajas y beneficios alcanzados, cuando se implementan las nuevas tecnologías con sistemas de geosintéticos para proyectos de mejoramiento vial. A continuación, se relacionan en las tablas 13 y 14, las características más relevantes en cuanto a las ventajas y los beneficios encontrados al implementar estas nuevas tecnologías aplicadas a la ingeniería de obras viales:

Tabla 13 Ventajas en las instalaciones con Geoceldas

	GEO CELDAS	CONVENCIONAL
VENTAJAS	Disminución de material de relleno en capas granulares hasta de un 40%.	En un diseño de un sistema convencional los espesores en capas granulares nos generan mayores excavaciones
	La geocelda es sistema de estabilización de subrasantes que reemplaza el uso del rajón.	En la mayoría de los proyectos se dificulta el suministro de rajón debido a la escases de canteras certificadas que suministran estos materiales.

	Evita las sobre excavaciones e intervenciones profundas que generalmente afectan tuberías y acometidas de servicios públicos	Cuando el diseño implica intervención de redes, el proyecto obliga a reubicar estos servicios generando sobre costos e incremento en los tiempos del proyecto. En muchas ocasiones estas redes no se pueden profundizar obligando a la construcción de cárcamos, cámaras y otros elementos que protejan estas redes
	Disminución en tiempos de mantenimiento, debido al confinamiento, manejo de agua y la capacidad de evitar migración del material (Relleno de la celda).	El lavado y migración de materiales finos en las capas granulares provoca un temprano deterioro en la estructura de pavimentos

Datos contenidos Fuente: <https://syntex.com.co/productos/geocelda/>) y Autor propio

Tabla 14 Beneficios encontrados en las instalaciones con Geoceldas

	GEO CELDAS	CONVENCIONAL
BENEFICIO SOCIAL	Disminución del impacto hacia a comunidad por Menor tiempo de ejecución de obra	Incrementos en tiempos de ejecución dependiendo de las condiciones climáticas, Técnicas y condiciones locales
	Mitigación del riesgo de afectación por redes de servicios públicos debido a las intervenciones de gran profundidad	Generalmente en los proyecto no se conoce con claridad las intervenciones en redes a la cual se exponen, corriendo riesgos en la ampliación de los tiempos de ejecución
	Optimización de la planificación urbana y te transporte en el marco del sistema de gestión Vial de la Ciudad	
	Generación de empleo con Mano de Obra no calificada	Para este sistema, es necesario contar con personal calificado que tenga conocimientos generales en las obras de pavimentos (hidráulicos, estructurales, etc.), generando mayores costos administrativos para el óptimo desarrollo de las obras.
BENEFICIOS AMBIENTALES	Reducción en la cantidad de materiales de cantera (Recursos No renovables).	
	Reducción en la emisión de Gases producto en la cantidad de horas/maquina, necesarias para la construcción y/o transporte de materiales.	Debido a los equipos que se requieren en obra, estos generan gases contaminantes producto de las horas que se requieren en operación para la óptima ejecución de estas obras

	Reducción de la contaminación relacionada con la ejecución de la obra	Las obras convencionales, siempre generan elementos contaminantes que afectan el medio ambiente y su entorno
BENEFICIOS TÉCNICOS	Reducción en la calidad de materiales de cantera	
	Intervenciones de menor espesor que disminuyen la afectación de las redes de servicios públicos	Posiblemente, se enfrenta a un proyecto donde se tenga que ejecutar movimientos o desplazamiento de redes.
	Facilidades constructivas que reducen los tiempos de ejecución de obra	
	Menor generación de escombros y movimientos de tierra	Incrementos en la generación de escombros debido a las profundidades de excavación requeridas por el diseño.
	Adecuado manejo de aguas superficiales en la etapa constructiva	
BENEFICIO ECONOMICO	Reducción del costo del proyecto evaluado como sistema.	En muchas ocasiones no se tiene la certeza de las redes que se puedan encontrar por debajo de ciertas profundidades que dependen de los diseños y la capacidad portante de los suelos.
	Su instalación se realiza con equipos convencionales	Para las obras con sistemas tradicionales, se requiere de maquinaria pesada para ejecutar excavaciones de profundidades considerables y otros equipos que garanticen las óptimas condiciones de diseño.
	Se cuenta con acompañamiento técnico para su instalación con capacitación del personal operativo.	

Datos contenidos Fuente: <https://syntex.com.co/productos/geocelda/>) y Autor propio

Tabla 15 Cálculo Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno Método Geoceldas

VALOR TOTAL DEL CONTRATO	
Costo Directo	\$ 2.723.755.800,96
Costo Indirecto	\$ 1.152.149.629,00
Costo Total	\$ 3.875.905.429,96
VAN	\$3.481.643.384,73
TIR	10%

Tabla 16 Cálculo Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno Método Convencional

VALOR TOTAL DEL CONTRATO	
Costo Directo	\$ 3.106.453.555,74
Costo Indirecto	\$ 1.311.734.592,74
Costo Total	\$ 4.418.188.148,49
VAN	\$3.778.638.013,42
TIR	5%

5.1. APORTE DE LOS RESULTADOS A LA GERENCIA DE OBRAS

En el presente proyecto se hizo uso de los conceptos aprendidos en la clase de finanzas y gestión de obra donde un gerente de proyectos tiene la capacidad de analizar, las informaciones financieras de un proyecto bajo herramientas que facilitan la buena planeación y desarrollo de un contrato de obras civiles.

Con lo anterior, un gerente de proyectos tiene la capacidad de comparar diferentes alternativas de proyectos a la cual le resultan viables a la hora de invertir teniendo en cuenta los tiempos y los costos de obra que buscan tener una desviación positiva bajo los estándares de calidad, rentabilidad e inversión.

5.2. CÓMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN CON LOS RESULTADOS

A la pregunta ¿Es más rentable desde el punto de vista económico y financiero realizar estructuras viales con pavimentos convencionales o con sistemas de confinamiento celular (Geoceldas)?, se da respuesta mediante el análisis comparativo de un sistema tradicional y un sistema con Geoceldas en dos aspectos: Presupuestal y programación, se responde que si es más rentable el sistema constructivo de nuevas tecnologías en geosintéticos, soportado mediante el análisis comparativo (presupuestal y cronograma) observados en: Tabla 6 Presupuesto de Obra Mejoramiento Vial tipo convencional y Tabla 7 Presupuesto de Obra Mejoramiento Vial con Geoceldas, donde se evidencia un ahorro del 12% y en tiempo de un mes promedio.

Con los anterior se permite dar solución a continuos problemas presentados en las estructuras de pavimentos donde los sistemas tradicionales, se convierten en alternativas no favorables en cuanto a los costos comparativos que se realizan con los nuevos procesos tecnológicos de las geoceldas.

En un aspecto relevante a nivel técnico cuando hablamos de los sistemas de geoceldas, se mencionan nuevas tecnologías con trayectoria de hace aproximadamente 20 años a nivel mundial; que hoy hacen mejoras continuas permitiendo que estos sistemas sean más resistentes, lo que permitió que en Colombia tuvieran una acogida desde el año 2010, considerándose una alternativa constructiva donde los directores o gerentes de proyectos puedan tomar decisiones de incorporar estos sistemas dando pie mejorar los presupuestos, tiempos y servicios.

Anteriormente, estos sistemas eran muy costosos, presentándose muchas limitantes para diseñarlos, especificarlos e instalarlos en una obra, asociando los miedos e inseguridades a la hora de aplicarlos en las obras viales. Hoy en día son sistemas muy económicos que están al alcance de cualquier proyecto donde las entidades especialistas en estructuras de pavimentos, han optado por aplicarlo, obteniendo excelentes resultados en todos los aspectos; (económicos, rendimientos, en transporte, etc.). Sin embargo, a medida del paso de los años, aun se continúa rompiendo el paradigma en cuanto al uso, que demuestra un sistema constructivo en vías, con beneficios económicos, sociales, ambientales que no son frecuentes con los sistemas tradicionales.

5.3. ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

Las estrategias de comunicación y divulgación hacen referencia a:

- ✓ Documento escrito entregado en biblioteca
- ✓ El presente proyecto se replicará en los procesos constructivos similares y se hará uso del presente documento como referencia en caso de requerir un soporte para la empresa que lo requiera.

6. CONCLUSIONES

- ✓ Es posible realizar la estabilización y mejoramiento de un tipo de vía mediante el uso de las Geo Celdas que reemplazan el rajón y disminuyen capas granulares logrando una estructura más eficiente con menores excavaciones y con mayores rendimientos en obra.
- ✓ Estas nuevas tecnologías minimizan las deformaciones y asentamientos en las vías tanto en el periodo de construcción como en la operación.
- ✓ Los proyectos que se ejecutan con sistemas convencionales, generan alto impacto en la comunidad debido a los extensos tiempos de ejecución y más cuando se ven afectados por redes no contempladas desde el inicio; con los sistemas desarrollados a base de geosintéticos, se mitiga en un gran porcentaje estas afectaciones.
- ✓ Es importante que un Gerente de obras considere, que a través de las geoceldas se permite utilizar materiales de lleno que mejorarán sus propiedades mecánicas al ser utilizados en este tipo de método, todo lo contrario, con el método convencional.
- ✓ El gerente de Obra que desea implementar el proceso constructivo en vía a través de Geoceldas, debe considerarlas siguientes condiciones:
 - Al tener CBR menor al 3% y se requiere hacer mejoramiento en la estructura de pavimento.
 - Cuando las distancias de acarreo de materiales son mayores a 20 kl.
 - Cuando existen redes o elementos que requieran traslados por el diseño de la estructura.
 - Cuando no hay la suficiente información de diseño y existe el riesgo de contar con redes o conexiones herradas
 - Cuando se tenga un material en la zona que no cumpla con condiciones mecánicas, pero se pueda usar o mezclar con otros materiales.

7. BIBLIOGRAFIA

Slideshare, «Que es el Pavimento,» https://es.slideshare.net/YeleinePou/pavimento-flexible2hj?next_slideshow=1, 2012.

ACE Geosynthetics EcoPark (2010). Qué son los Geosintéticos?. Taichung Taiwán: <http://acegeosyntheticsecopark.com/es/geosynthetics#Geobloque%20%20&%20Geocompuestos>

Soluciones Ambientales (2017). Geomenbrana de Polietileno, Malla Geotextil, Geosintéticos. Tlalpan Centro Mexico DF: <https://www.geosai.com/contacto/>.

Prolimplastygm (2018). Geomembranas. Bogotá Colombia: <http://www.prolimplastygm.com/Geomembranas/>.

Prolimplastygm (2018). Geotextiles. Bogotá Colombia: <http://www.prolimplastygm.com/Geotextiles/>

Geo-Technologies (2018). New Technology Cellular Confinement System. Prescott London: <https://www.prs-med.com/>

Geosai (2017). Geoceldas, Aplicaciones y Ventajas. Tlalpan Centro Mexico DF: <https://www.geosai.com/productos/geocelda/>.

TMD Geosinteticos (2016). Geoceldas, Soluciones y Ventajas. Bogota Colombia: <http://www.tdmcolombia.co/products-geosinteticos-geoceldas.php>

Cetina, C. (2014). Comparativo sist. Constructivos convencionales y geo-celda tridimensional. Bogota Colombia: Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos, Universidad Católica de Colombia.

Cuartas, C. (2015, Mayo 09). Optimización de esfuerzo de estructuras de pavimento flexible mediante Geoceldas. Bogotá Colombia: Especialización ingeniería de Pavimentos, Universidad Militar Nueva Granada.

Alfa Co S.A.S. (2017). Geoestructuras. Bogotá Colombia: <http://www.alfacosas.com/index.php/portafolio-productos>.

Geomembranas, Soluciones de Ingenieria. (2017). Geodren. Tocancipa Cundinamarca Colombia: <http://www.geomembranas.com.co/portfolio-items/geodren-2/>

Pivaltec (2027). Geomallas: Triaxial, Biaxial, Uniaxial. Guayaquil Quito: <http://www.geosinteticos.com/index.html>

Gerfor Geosistemas. (2017). Geocompuesto para Drenaje. Bogotá Colombia: http://www.gerfor.com/descargas/geosistemas/08_Geodren.pdf

Geomatrix. (2016). Geodren Permadrain. Bogotá Colombia: <https://www.geomatrix.co/productos/geodren/>.

EVI (2017). Geodrenes. Cancun Mexico: <http://www.evi.com.mx/evicom/inicio.html>

Pavco de Mexichem. (2018). Funciones y Aplicaciones, Geodren Planar y Vial. Bogotá Colombia: <http://www.amanco.com.ar/wp-content/uploads/descargas/geosinteticos/amanco-grodren-brochure.pdf?v=7516fd43adaa>.

PRS Professional Reinforcement Solutions. (2014). Evolución de Geoceldas. En: <http://www.prs-med.com/about-prs/evolution-of-geocells> (15 Agosto de 2014).

Geotexan Geosintéticos de alta calidad (2012). Que son los Geosintéticos. Huelva España: <https://geotexan.com/que-son-los-geosinteticos/>

Geosistemas Pavco. (2012). Manual de Diseño con Geosintéticos. Bogotá D.C: Novena edición.

Geosistemas Pavco (2011). Infraestructura Vial. Concesión Vial Devinorte. Cajicá-Zipacquirá.

C. Concejo Municipal, «Plan Territorial de Salud,» Cota Cundinamarca, 2016.

Slideshare, «Que es el Pavimento,» https://es.slideshare.net/YeleinePou/pavimento-flexible2hj?next_slideshow=1, 2012.

I. ANI, «Afirmados Sub bases y Bases,» *Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas*, pp. 330-1, 2018, Marzo 03

G. Ballen, «Base Granular,» Exmacol, Bogota Colombia, 2014, Octubre 24. Tex Delta, «Tex Delta,» 01 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://texdelta.com/blog/geoceldas-funciones-y-aplicaciones-principales/>.

Alcaldía de Cota, «Alcaldía Municipal de Cota Cundinamarca,» 26 mayo 2018. [En línea]. Available: <http://www.cota-cundinamarca.gov.co/Paginas/default.aspx>.

Ministerio de Transporte, «Resolución 744. Por la cual se actualiza el manual de diseño geométrico para carreteras,» 04 marzo 2009. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/990-resolucion-000744-del-04-de-marzo-de-2009/file>. [Último acceso: 16 julio 2017].

N. Apellido, Mal estado de las vías en Colombia, Bogota: El País, 2013.

E. P. Col Prensa de la Republica, Mal estado de las vías en Colombia, Bogota, 2013.

S. Geosynthetics, Soluciones de Ingeniería, Cota Cundinamarca: syntex.com.co, 2017.

Geo-Technologies, «Sistema de Confinamiento Celular,» <http://www.prs-med.com>, Londres

Inglaterra, 2018.

P. Modenese, «Manual de Obra,» manualdeObra@gmail.com, Quito Ecuador, 2015, Octubre 20.

ANEXOS

20181111 Cronograma Convencional

20181111 Cronograma Geocelda

20181111 PRESU. GEO VS CONVENCI

20181116 FLUJO DE CAJA (GEO - CONV)

20181116 TABLAS ANEXOS