



**“ANÁLISIS DE PRE INVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PLACAS ALIGERADAS
PREFABRICADAS EN UN SISTEMA DE CONTENCIÓN DE CAÍDAS DE AGUA DE
CUNDINAMARCA.”**

INTEGRANTES:

Maria Angélica, Cuervo Urrea.

Ingeniera Industrial, Analista Centro de Excelencia Industrial Alpina
Sopo, Colombia,
maria.angelica.cuervo@hotmail.com

Camilo Santiago, García Medina.

Ingeniero Civil, Coordinador Comercial Nacional, Corpacero
Bogotá, Colombia
santiagogarciamedina@gmail.com

Jorge Antonio, Hoyos Santís.

Ingeniero Civil, Control de Costos Cusezar S.A
Bogotá, Colombia
jorgehoyoss@yahoo.com

TUTOR:

Julio Cesar Osorio Mendoza

Economista, Especialista en Evaluación Social de proyectos, Magister en Planificación Regional y
Urbana, Universidad Javeriana, Asesor, Bogotá D.C., Colombia,
umngsocial@gmail.com

METODOLOGO

Pedro Antonio Duarte Cárdenas

Administrador de empresas, Maestría en Administración
Licenciado Asignatura Proyecto de Grado, UMNG, Bogotá, D.C, Colombia
pedroduarte@unimilitar.edu.co

RESUMEN

Debido al incremento del caudal de las fuentes hídricas resultado de la ola Invernal, se ocasiona el colapso de las estructuras hidráulicas existentes a lo largo de la infraestructura nacional, transportando rocas de gran dimensión y materia orgánica como troncos y maderas, las cuales ponen en riesgo la seguridad de las personas y el tránsito vehicular. En la actualidad, se realizan sistemas de contención fabricados en sitio las cuales acarrearán altos costos. Se propone que este sistema sea remplazado por Placas Alveolares prefabricadas que facilitan la instalación en el área y reducen los costos de operación y mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

Manufacturas de Cemento S.A. –Titan- es una empresa constituida en Colombia en 1938 con la fusión de las compañías Fabricas de Cemento Samper y el departamento de Manufacturas de Cemento. Cuenta en la actualidad con 5 plantas de producción ubicadas en Cota, Medellín y Barranquilla en el territorio nacional y Plantas en Perú y Panamá dedicadas a la fabricación de Tubería y accesorios de Cemento. Los sectores en los que se desarrolla Manufacturas de Cemento S.A son alcantarillado, edificaciones, infraestructura y espacio público, para los cuales elaboran obras de gran magnitud e importancia para el crecimiento sostenible de las poblaciones en las que interviene. [19]

En el presente proyecto se desarrollará un análisis de preinversión para el desarrollo de sistemas de contención por medio de la utilización de placas Alveolares desarrolladas desde hace 2 años por Manufacturas de Cemento S.A. Debido al incremento del caudal de las fuentes hídricas como resultado de la ola Invernal, se ocasiona el colapso de las estructuras hidráulicas existentes a lo largo de la infraestructura nacional, transportando rocas de gran dimensión y materia orgánica como troncos y maderas, las cuales ponen en riesgo la seguridad de las personas y el tránsito vehicular. En la actualidad, se realizan sistemas de contención fabricados en sitio las cuales acarrearán altos costos. Es por esto que se propone que este sistema sea remplazado por las Placas Alveolares prefabricadas que facilitan la instalación en el área y reducen los costos de operación y mantenimiento.[19]

Dentro de los temas que se abordarán en el siguiente trabajo se encuentran desarrollados temas de gran importancia para ubicar al lector en el proyecto, y que permitirán generar un escenario de aplicación. Tal es el caso de la Hidrografía en la Región de Cundinamarca, donde se explican detalladamente la composición de las caídas de agua de esta región y el impacto que tienen estas sobre la población aledaña. Así mismo se explicará cuales son los métodos tradicionales de sistemas de contención de las fuentes hídricas usados en la actualidad y que, de ser factible el proyecto, serían remplazados por las placas de contención prefabricadas. A su vez, se hará una explicación de la alveoplaca y los beneficios que esta trae en temas de costos de instalación y mantenimiento, así como en la reducción de tiempos.

Adicional a esto, en el presente trabajo se presentan los aspectos de la norma que se deben conocer para la implementación de sistemas de contención por medio de la utilización de placas alveolares extraídas de la NSR 10 (Norma Sismo Resistente de Colombia) y la reglamentación de AIDEPLA (Asociación Internacional de Placas Alveolares) [5]

Uno de los puntos centrales del presente trabajo corresponde a la propuesta. En esta se desarrolla detalladamente un análisis de preinversión para la implementación de placas aligeradas prefabricadas en un sistema de contención de caídas de agua de Cundinamarca.

Por último, en el presente trabajo se presentan las conclusiones que demuestran la reducción en costos de implementación de la placa alveolar para remplazar los sistemas de fundición en sitio, así como los costos de mantenimiento una vez dicho sistema se encuentre en funcionamiento.

CUERPO DEL TRABAJO

1. Hidrología en la Región de Cundinamarca

El principal afluente fluvial del departamento de Cundinamarca es el Río Magdalena, especialmente en el puerto de Girardot, ubicado en el occidente del departamento. Otro río muy importante es el Bogotá, que nace en el alto de la Calavera Villapinzón y desemboca en el Magdalena, luego de pasar por el Salto del Tequendama, sitio turístico por excelencia, ubicado a 30 km al suroeste de Bogotá, a 2.467 metros sobre el nivel del mar, con una caída de agua de aproximadamente 157 metros. No obstante, debido a la contaminación generada por curtiembres, industrias, basuras, y desechos humanos, el río Bogotá es considerado como uno de los más contaminados del mundo. También son relevantes los ríos Guavío y Humaca. Por otra parte, el río Sumapaz nace en el páramo del mismo nombre, el más alto del mundo. Hace parte del Parque nacional natural Sumapaz, que se extiende al departamento del Meta. Adicional, hacen presencia lagunas de gran importancia como lo son Guatavita, Fúquene, Chisacá, Sibaté, Tominé, La Regadera, El Hato y las represas de Chingaza, Néusa, Sisca y el Guavio. Esta última, conocida como la Central Hidroeléctrica del Guavio es la represa más grande de Colombia. Está ubicada en el municipio de Gachalá y opera desde el 15 de diciembre de 1992. Junto a las represas anteriores sirven como principales abastecedores de agua potable para Bogotá. [14]

De igual forma, existen numerosas caídas de agua a lo largo del territorio, algunas rodeadas de bosques y montaña y otras próximas a importantes vías que comunican a los diferentes municipios. Por esta razón, es necesario conocer los aspectos de tipo hidrológico de la región en estudio como lo es la cuenca del Chorro Caiquero, y la caracterización morfométrica de la misma, así como la zona donde la infraestructura vial comprendida en este sector. La cuantificación del recurso hídrico permitirá con la información existente y los cálculos realizados por la entidad del estado encargada determinar el potencial y la problemática del sitio en estudio. Para el sitio ubicado alrededor del K69+280 se presenta una caída de agua conocida como El Chorro Caiquero que cuando presenta incremento en el caudal, cae en la vía llevando consigo rocas de gran dimensión y demás materiales. [16]

2. Sistemas de Contención

Los sistemas de contención (Estructuras de contención) son construcciones estructurales de ingeniería, cuyo objetivo es contener los empujes de tierra que pueden afectar a una obra. Puede ser una única obra de contención trabajada como un proyecto único o puede ser parte de proyecto de mayor envergadura.

La clasificación de las estructuras de contención se puede dar de diferentes formas. Sin embargo, la clasificación según su rigidez es la más común, siendo esta en estructuras de Contención Rígidas y estructuras de Contención Flexible. Las primeras son aquellas estructuras cuyos movimientos son de sólido, pero no presentan movimientos en el interior de la estructura y por lo tanto, la ley de empujes está influida exclusivamente por el valor, pero no por la forma. Estos son comúnmente muros de contención. Por su parte, las estructuras flexibles son aquellas en las que los movimiento de sólido rígido y los movimientos debidos a la flexión de la propia estructura, se producen en porcentajes similares. Dentro de las estructuras de contención flexible se encuentran las pantallas y las entibaciones.[5][7]

2.1 Prefabricados en Concreto reforzado

Los elemento prefabricados en concreto reforzado se definen como elementos que se vacían o funden en un lugar diferente de su posición final dentro de una estructura definida. El diseño de estos elementos prefabricados y sus conexiones a la estructura final se debe tener en cuenta todas las condiciones de carga y de restricción desde la fabricación inicial hasta su uso final en la estructura, incluyendo la remoción de formaletas, almacenamiento, transporte y montaje. Cuando los elementos prefabricados se coloquen dentro de un sistema estructural existente, las fuerzas y deformaciones que ocurran en las conexiones y sus cercanías, deben ser incluidas en el diseño. [18]

2.1.1. Tuberías de concreto sin refuerzo

La tubería de concreto sin refuerzo utilizada para la conducción de aguas lluvias y negras, residuos líquidos industriales, drenajes en vías y, en general, en conductos no sometidos a presión hidrostática. Este tipo de tubería es fabricada en diámetros que varían entre 15 cm (6") y 100 cm (40"), con mezclas secas con baja relación agua-cemento, con lo cual se obtiene un concreto de alta densidad.[5]

2.1.2. Fachadas en GRC

El concreto reforzado con fibra de vidrio o GRC es uno de los más innovadores materiales de construcción; abre el abanico de posibilidades de los arquitectos hasta límites en los que el concreto tradicional no llega. Para absorber los esfuerzos de tracción, el refuerzo de acero es sustituido por fibra de vidrio, material que no necesita recubrimientos y el elemento mantiene su diseño estructural, pero reduce considerablemente su peso.[5]

2.1.3. Losetas para Andenes

Son piezas prefabricadas en concreto bicapa aptas para la construcción de pisos y pavimentos para tráfico peatonal y vehicular liviano. Se elaboran en diferentes acabados y texturas: pergamino, lisa, franjas, cuadros, táctil alerta y guía, pulida y en una amplia gama de colores.[5]

2.1.4. Vigas Pretensadas

Están diseñadas y fabricadas en diferentes geometrías, cantos y longitudes capaces de solucionar diferentes condiciones de carga, luces, etc. Junto con las vigas, se fabrican elementos complementarios para la conformación de las estructuras, losas, pilas, vigas cabezal, etc. [5]

2.1.5. Accesorios para tuberías de concreto sin refuerzo

Son elementos de concreto sin refuerzo para diámetros inferiores a 100 cm que permiten realizar cambios de alineación en las redes de alcantarillado y ejecutar conexiones de tubería, según las necesidades de cada proyecto.[5]

2.1.6. Bordillos

Son piezas aligeradas prefabricadas en concreto que sirven como confinamiento para cambios de material o superficies a nivel, así como conformación de bordes en zonas verdes. Estos se fabrican con diferentes dimensiones y acabados y se ajustan a los requerimientos del proyecto. Su modulación ofrece a los arquitectos y diseñadores una alternativa para el embellecimiento de parques y zonas verdes.[5]

2.1.7. Muros de tierra Reforzada

Se componen de escamas prefabricadas en concreto reforzado que trabajan como confinamiento de las tierras. A estas escamas se le fijan una serie de tensores que, al realizar la compactación de las tierras, generan la fricción necesaria para la estabilización del muro. Estos tienen diferentes usos, pasos a nivel, estribos y rampas en puentes, protección de taludes, obras hidráulicas, entre otras.[4]

2.1.8. Accesorios para tuberías de concreto con refuerzos

Son elementos de concreto reforzado para diámetros superiores a 60 cm que permiten realizar cambios de alineación en las redes de alcantarillado y ejecutar conexiones de tubería, según las necesidades de cada proyecto.[4]

2.1.9. Borde contenedor de Raíces

Es una pieza en concreto utilizada para conformar el remate superior visible en el contenedor de raíces.[4]

2.1.10. Muros Contrafuertes

Se componen de módulos prefabricados en concreto reforzado, los cuales se integran a una zapata previamente excavada y armada; Este conjunto se funde formando un elemento monolítico que cumple la misma función de uno tradicional de puntera y talón fundido en obra.[4]

2.1.11. Placas y muros Alveolares.

Para absorber los esfuerzos de tracción, el refuerzo de acero es sustituido por fibra de vidrio, material que no necesita recubrimientos y el elemento mantiene su diseño estructural, pero reduce considerablemente su peso. Prefabricado, pretensado, aligerado con alvéolos fabricado con diferentes texturas, acabados y en longitudes y espesores acordes con las necesidades del proyecto. Ideales para cerramiento de grandes superficies.[2]

2.2 La Alveoplaca

La placa alveolar de hormigón pretensado es un elemento muy resistente cuya aplicación en la construcción se ha generalizado en todo el mundo, debido a sus amplias ventajas. La Alveoplaca, es un elemento superficial plano de hormigón pretensado, con canto constante, aligerado mediante alveolos longitudinales. [19]

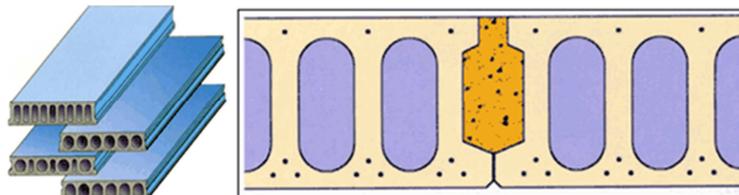


Figura 1. Definición y Geometría Placa Alveolar

Fuente: Asociación para la investigación y desarrollo de las Placas Alveolares, AIDEPLA

El espesor mínimo, en milímetros, de las almas y de las losas (o alas) superior e inferior, de una ALVEOPLACA de canto total igual a h mm (figura 2.1.6), no es menor del valor (EFHE artículo 17) ni de 20 mm, ni del tamaño máximo del árido más 10 mm.[18]

A pesar de que el campo de aplicación de la Instrucción EFHE se limita a losas alveolares pretensadas de canto 50cm, el diseño industrial de las placas alveolares con cantos entre 50 cm y 80 cm se ha realizado, con resultados muy satisfactorios, respetando los criterios establecidos por dicha Instrucción. Esta es la razón por la que el Manual hace referencia a la Instrucción EFHE para los cantos anteriormente citados.[6]

En la tabla que se incluye a continuación aparece un ejemplo del espesor de las almas de una ALVEOPLACA, fabricada con un árido de tamaño máximo no superior a 10 mm, cuyos valores no serán inferiores a los que se incluyen en la tabla:

CANTO TOTAL H mm DE LA ALVEOPLACA							
120	200	250	300	400	500	600	800
20	20	23	25	29	32	35	40

TABLA 1: Canto total H mm de la Alveoplaca.

Fuente: Asociación para la investigación y desarrollo de las Placas Alveolares, AIDEPLA

2.2.1. MATERIALES.

2.2.1.1 Hormigón

La ALVEOPLACA se fabrica con hormigones de calidad, muy secos y con las altas resistencias especificadas en su Autorización de Uso, cumpliendo, en todos los aspectos, las condiciones normativas especificadas [3]

2.2.1.2 Acero

Los aceros de pretensar empleados en la fabricación de la ALVEOPLACA, son de alta resistencia y se utilizan como armaduras activas, en forma de alambres o cordones, que cumplen con las condiciones normativas especificadas.[5]

2.2.1.3 Aditivos y adiciones

En la ALVEOPLACA, el empleo de aditivos y adiciones para mejorar algunas características del hormigón, se realiza cumpliendo con las condiciones normativas especificadas. En ningún caso se utilizan aditivos que contengan cloruros o que puedan tener algún efecto nocivo a corto, medio o largo plazo.[6]

2.2.2. DURABILIDAD

La Placa Alveolar es un producto de elevada durabilidad conseguida mediante la alta calidad del hormigón con la que se fabrica, el efecto favorable de las compresiones debidas al pretensado y la correcta disposición de las armaduras cumpliendo con los recubrimientos especificados por la normativa. La placa cuenta con el recubrimiento real del hormigón, además del espesor de los revestimientos del forjado que sean compactos e impermeables, tengan carácter de definitivos y permanentes, y estén adheridos directamente al hormigón del elemento.

2.2.3 ACCIÓN DE LA ALVEOPLACA BAJO LA ACCIÓN DEL PRETENSADO.

Una vez fabricada, la Alveoplaca queda sometida a su propio peso y a la acción del pretensado.

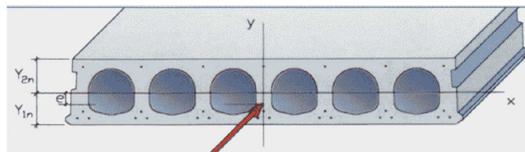


Figura 2. Acción de pretensado Placa Alveolar

Fuente: Asociación para la investigación y desarrollo de las Placas Alveolares, AIDEPLA

2.3 Costos del sistema para la contención de Empujes.

La contención de empujes empleando la ALVEOPLACA, la cual ofrece ventajas de durabilidad según lo han demostrado los casos de éxitos reales en sus procesos constructivos es necesario evaluarla mediante el costeo directo de los sistemas teniendo en cuenta las variables de tipo técnico. El método más utilizado para el costeo en obra de los prefabricados es el método de APU o Análisis de Precios Unitarios, mediante el cual se puede determinar el costo directo del muro de contención, permitiéndonos comparar el sistema versus los sistemas tradicionales de obra. [20]

2.4 Normatividad

Toda la reglamentación empleada en el análisis de la solución que se propone esta regida por las normas:

- AIDEPLA (Asociación Internacional De Placas Alveolares)
- NSR 10 (Norma Sismo Resistente de Colombia)

2.4.1. AIDEPLA

Para velar por la calidad de la placa Alveolar, se creó la Asociación para la Investigación y el Desarrollo de la Placa Alveolar (AIDEPLA), y se ha dado el nombre de ALVEOPLACA a la placa de calidad reconocida por esta Asociación.

AIDEPLA, de acuerdo con los criterios expuestos en el punto anterior, ha decidido realizar la primera revisión y actualización del Manual AIDEPLA para el Proyecto y Ejecución de elementos resistentes con ALVEOPLACA con objeto de reflejar en él las prescripciones de las INSTRUCCIONES EHE "Instrucción de Hormigón Estructural" y EFHE "Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados", que desde Enero de 2003 es la Norma de obligado cumplimiento para los forjados de losas alveolares pretensadas.[3]

2.4.2 NSR 10

La Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes creada por medio de la Ley 400 de 1997 y adscrita al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial lograron la aprobación sancionando la norma y expidiendo el Decreto 926 del 19 de marzo del 2010 que da la aprobación de la NORMA SISMORESISTENTE 2010 "NSR-10". [2]

2.5 Sistema de Contención tradicional (Muro por gravedad)

Son aquellos en los que el fuste no es resistente a flexión (piedra seca, gaviones, tierra armada). Suelen ser deformables y no se destruyen si se producen asentamientos considerables, por lo que dan un buen resultado en suelos mediocres. En este aparato suelen incluirse los muros de materiales constructivos no resistentes a la tracción (ladrillo, hormigón en masa, etc.) – aunque estos no se benefician de la capacidad de los anteriores para adecuarse a suelos deformables-. [4]

2.6 Propuesta

Para el sitio ubicado en el corredor vial Bogotá – Villeta, alrededor del K69+280 denominado como el Chorro Caiquero se presenta una caída de agua que, especialmente en la temporada invernal, debido al incremento del caudal, cae en la mitad de la vía, además dicho caudal trae consigo rocas de gran dimensión, poniendo en riesgo la seguridad de los vehículos y personas que transitan por la vía. El objeto de esta solución estructural es evitar la caída de rocas en la vía y mantenerla permanentemente al servicio.



Figura 3. Chorro Caiquero
Fuente: Autores

Con el fin de que el agua no caiga en la vía se propone colocar dos muros de concreto reforzado de sección 0.60m x 2.80m, los cuales se anclan al terreno de acuerdo con las recomendaciones de geotecnia especificadas. Debido a que las fuerzas de impacto que se pueden producir por las rocas son demasiado grandes se debe hacer una obra de mitigación que retenga la caída de rocas. En los muros se apoyan losas alveolares pretensadas de ancho 1.20m, 8.70m de longitud y 0.25m de espesor, ubicadas en forma de persiana que permite

encausar el agua hacia la alcantarilla que hay en el sitio. Sobre las losas se deben colocar tiras de neopreno para retardar el deterioro producido por el agua. Esta solución permite cambiar las losas en caso de dañarse.

A continuación se muestra un esquema con la planta y el alzado transversal de la solución estructural.

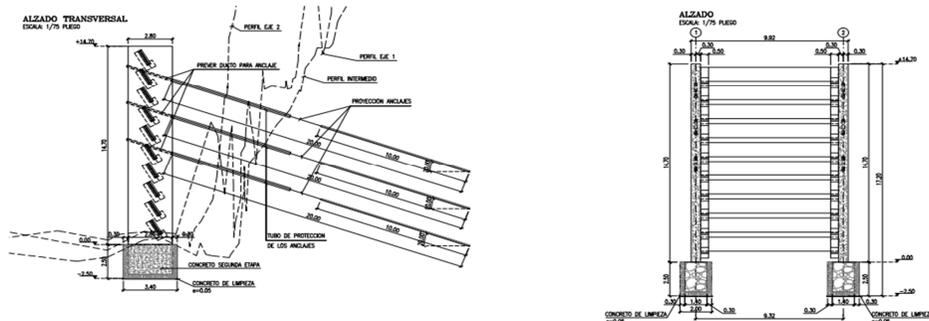


Figura 3. Solución Propuesta
Fuente: Autores

En el cálculo de los elementos estructurales se han considerado, de acuerdo con la normativa "AASHTO LRFD Bridge Design Specifications", las siguientes acciones:

- Acciones Permanentes: Cargas muertas como lo son el peso propio de la estructura (DC).
- Acciones variables: Cargas dinámicas dadas por las cargas de impacto de rocas.

2.6.1 CARGAS PERMANENTES [10]

2.6.1.1 DC, peso propio de los elementos estructurales

El peso propio de los distintos elementos se ha calculado a partir de su geometría (sección transversal) adoptando un peso específico para el concreto reforzado como $\gamma_c=2.4 \text{ T/m}^3$

2.6.1.2 Impacto roca

Se considero la carga puntual que se transmitiría si una roca de 1m^3 de volumen y un peso unitario de 2T/m^3 golpeará la estructura. De acuerdo con geotecnia se estima una fuerza de impacto de 20.580 kN .

2.6.1.3 Efectos sísmicos

Los efectos sísmicos se han considerado a partir de un análisis dinámico evaluando el espectro de diseño de la zona.

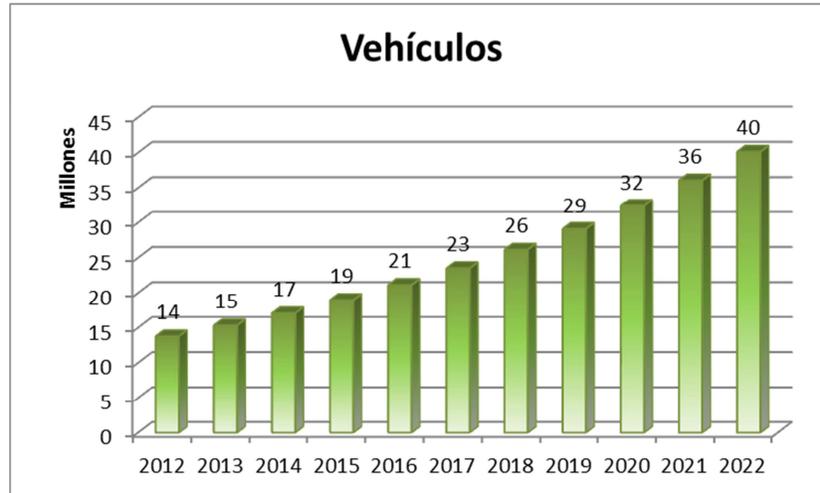
2.6.2 Presupuesto de inversión proyecto

A continuación se presenta el presupuesto de inversión del proyecto de la utilización de las placas Alveolares como sistema de contención para la caída del Chorro Caiquero en Cundinamarca.

3. Desarrollo de la propuesta

Según información suministrada por la Concesión Sabana de Occidente, se estima que el crecimiento del flujo vehicular para las vías de Colombia será de $11,3\%$ anual. Es por esta razón que el aseguramiento del óptimo estado de las vías se convierte en una prioridad para el Gobierno Nacional. Ante esto, se desarrollan planes de mantenimiento de infraestructura y adecuación de las vías, con el fin de asegurar tanto el tránsito de los vehículos como la seguridad de estos. [10]

En la Concesión de Occidente, en el corredor vial Bogotá- Villeta, a la altura del km 69 desde hace varios años se han presentado inconvenientes de flujo vehicular, debido a las constantes caídas de rocas y cuerpos sólidos en el lugar conocido como El Chorro Caiquero. Por esta vía transitan alrededor de 38.200 vehículos diariamente. A continuación se muestra el crecimiento esperado de tránsito de vehículos para la vía Bogotá – Villeta.



Gráfica 1: Incremento de flujo vehicular

Fuente: Autores

La anterior proyección se realiza para los siguientes 10 años, ya que este periodo de tiempo corresponde a la garantía mínima de la obra civil.

Los vehículos que transitan por la vía deben pagar un peaje que tendrá un incremento promedio equivalente al 4,5% según información del Ministerio de transporte. Dicho peaje varía según el tipo de vehículo. Las tarifas son:

Categoría	Tarifa
I	\$ 7.100
II	\$ 9.300
III	\$ 22.900
IV	\$ 27.600
V	\$ 31.700
E.G.	\$ 4.900
E.A.R.	\$ 6.800
E.A.	\$ 7.100

CONVENCIONES CATEGORÍAS EJES	
E.G.	Eje Grúa
E.A.R.	Eje adicional Remolque
E.A.	Eje Adicional

Tabla 2: Tarifas de peaje Caiquero
Fuente: Instituto Nacional de Concesiones, INCO

Dependiendo de la clase de vehículo, los automotores se clasifican en 5 categorías: Categoría I: Automóviles, camperos y Camionetas; Categoría II: Buses, busetas, microbuses con eje trasero de doble llanta y camiones de dos ejes; Categoría III: Camiones de 3 y 4 ejes, Categoría IV: Camiones de 5 ejes, Categoría V: Camiones de 6 ejes. También se tienen tarifas para los ejes adicionales, expuestos en la tabla anterior. Así mismo, la distribución de dichas categorías es la siguiente:



Gráfica 2: Ponderación según categorías
Fuente: Autores

A continuación se muestran las proyecciones de los peajes en el tiempo de duración del proyecto.

Categoría	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
I	\$ 7.100	\$ 7.420	\$ 7.753	\$ 8.102	\$ 8.467	\$ 8.848	\$ 9.246	\$ 9.662	\$ 10.097	\$ 10.551	\$ 11.026
II	\$ 9.300	\$ 9.719	\$ 10.156	\$ 10.613	\$ 11.090	\$ 11.589	\$ 12.111	\$ 12.656	\$ 13.226	\$ 13.821	\$ 14.443
III	\$ 22.900	\$ 23.931	\$ 25.007	\$ 26.133	\$ 27.309	\$ 28.538	\$ 29.822	\$ 31.164	\$ 32.566	\$ 34.032	\$ 35.563
IV	\$ 27.600	\$ 28.842	\$ 30.140	\$ 31.496	\$ 32.914	\$ 34.395	\$ 35.942	\$ 37.560	\$ 39.250	\$ 41.016	\$ 42.862
V	\$ 31.700	\$ 33.127	\$ 34.617	\$ 36.175	\$ 37.803	\$ 39.504	\$ 41.282	\$ 43.139	\$ 45.081	\$ 47.109	\$ 49.229
E.G.	\$ 4.900	\$ 5.121	\$ 5.351	\$ 5.592	\$ 5.843	\$ 6.106	\$ 6.381	\$ 6.668	\$ 6.968	\$ 7.282	\$ 7.610
E.A.R.	\$ 6.800	\$ 7.106	\$ 7.426	\$ 7.760	\$ 8.109	\$ 8.474	\$ 8.855	\$ 9.254	\$ 9.670	\$ 10.105	\$ 10.560
E.A.	\$ 7.100	\$ 7.420	\$ 7.753	\$ 8.102	\$ 8.467	\$ 8.848	\$ 9.246	\$ 9.662	\$ 10.097	\$ 10.551	\$ 11.026

Tabla 3: Proyección de Costo de peajes
Fuente: Autores

Dichos peajes se cobrarán con cualquiera de las dos situaciones expuestas en el presente trabajo (Sistema de contención tradicional vs sistema de contención de placas aligeradas).

Los ingresos por concepto de peajes serán parte de la inversión para la implementación del sistema de Contención de la caída de agua del Km 69 – Chorro Caiquero-. Para esto, se desarrollan dos posibles sistemas: Tradicional con fundición in situ y sistema utilizando las placas alveolares prefabricadas.

Para el cálculo de los ingresos por concepto de peaje, es necesario comparar el flujo vehicular con la ponderación de cada una de las clases de vehículos. El resultado de esta operación es a su vez multiplicada por el valor del peaje para cada categoría (incluyendo el incremento de 4,5% de cada año). Con esta información se obtiene la siguiente información.

	TOTAL
2012	\$ 184.936.896.000
2013	\$ 215.097.329.684
2014	\$ 250.176.477.696
2015	\$ 290.976.508.561
2016	\$ 338.430.412.459
2017	\$ 393.623.336.275
2018	\$ 457.817.398.072
2019	\$ 532.480.548.436
2020	\$ 619.320.138.678
2021	\$ 720.321.963.494
2022	\$ 837.795.670.911

Tabla 4: Ingresos por concepto de peajes
Fuente: Autores

A su vez, el valor obtenido en cada uno de los años que dura el proyecto es traducido en un valor presente neto con una tasa de interés del 5,92%. Con esta información se obtiene un Valor Presente Neto de \$3'391.767.219.901.

Sin Proyecto:

Los costos de la inversión del sistema tradicional corresponden a los Costos de la obra civil, provisionales de obra, diseños, gastos generales y los gastos administrativos correspondientes a la construcción y puesta en marcha del sistema de contención. Todos los costos y gastos serán liquidados en el año inicial 2012. Por tal razón, no es necesario hacer proyecciones para éstos conceptos.

SISTEMA DE CONTENCIÓN TRADICIONAL	
MURO POR GRAVEDAD	\$ 60.992.846
EXCAVACION A MANO	\$ 55.146
CONCRETO POBRE	\$ 1.238.311
IMPREVISTOS	\$ 2.491.452
TOTAL	\$ 64.777.755

Tabla 5: Costos de Inversión Sistema Tradicional
Fuente: Autores

Los costos de muro por gravedad corresponden al acero de refuerzo (9711,58 kg) con un costo unitario de \$2.087, el concreto de muro de 3000 PSI (160,48 m³) con costo unitario de \$245.000, Filtro (19.344 m³) con costo unitario de \$31.230, Geotextil (119.04 m²) con costo unitario de \$2200 y finalmente tubo perforado (36 m) con costo unitario de \$15.000.

Los costos de excavación a mano son los equivalentes a 26,41 m³ con costo unitario de \$7.800.

El concepto de concreto pobre incluye tanto los 7,07 m³ de concreto (Costo unitario de \$173.500) como la mano de obra para su instalación (costo unitario de \$1.650).

Adicionalmente se debe tener en cuenta una provisión de costos equivalente al 4% para cambios de precio de los insumos (Imprevistos).

Así mismo, se tiene en cuenta el valor del diseño de los planos equivalentes al 2,5% del valor de la obra civil. Para el caso de la fundación en sitio es de \$1'623.367.

De igual forma, se debe hacer una proyección de los costos de mantenimiento con el sistema de fundición en sitio. Este tipo de sistema de contención acarrea costos de mantenimiento elevados, ya que cuando se presenta algún inconveniente con la estructura, según la gravedad del daño, ésta debe volver a levantarse.

Para los costos de mantenimiento se realiza una proyección de 10 años que incluye:

- Rutinario o preventivo: Dos veces al año e incluye actividades de limpieza de cunetas y la alcantarilla a la cual está conectado el muro. Rocería: Corte de ramas y vegetación, chapeo de monte (perfilado) y remoción de pequeños derrumbes. En este intervienen 3 personas (Mano de obra no calificada).
- Periódico o correctivo: Se realiza una vez al año e incluye la reparación de la superficie del muro.
- Extraordinario o rehabilitación: Se realiza cuando el estado del muro presenta un deterioro que excede a su vida de diseño según lo programado. Comprende la reposición total o superior al 50% de la estructura. Se proyecta cada 3 años.

La proyección de los costos de mantenimiento es:

Año	Rutinario	Correctivo	Extraordinario	TOTAL	VPN
2012				\$ -	\$ 178.237.098
2013	\$ 1.106.036	\$ 11.060.363		\$ 12.166.399	
2014			\$ 56.960.867	\$ 56.960.867	
2015	\$ 1.173.394	\$ 11.733.939		\$ 12.907.332	
2016	\$ 1.208.596	\$ 12.085.957		\$ 13.294.552	
2017			\$ 62.242.677	\$ 62.242.677	
2018	\$ 1.282.199	\$ 12.821.992		\$ 14.104.191	
2019	\$ 1.320.665	\$ 13.206.651		\$ 14.527.316	
2020			\$ 68.014.254	\$ 68.014.254	
2021	\$ 1.401.094	\$ 14.010.936		\$ 15.412.030	
2022	\$ 1.443.126	\$ 14.431.264		\$ 15.874.391	

Tabla 6: Costos de Mantenimiento Sistema Tradicional
Fuente: Autores

Para los costos del mantenimiento rutinario, se maneja el 1% del total del valor de la obra. Para el correctivo, se calculan los costos con el 5% del total de la obra y para el extraordinario o de rehabilitación, se realizan los cálculos con el 50% del valor de la obra.

Debido a que no se pueden comparar los costos de mantenimiento de la proyección como una suma, se calcula el valor presente neto de la proyección del mantenimiento con un DTF del 5,92%+3,5, equivalente al 9,63% (Dato extraído la página Web de Bancolombia). Para el caso del sistema de contención con el sistema tradicional, el valor para el año 2012 es de \$178'237.098.



Gráfica 3: Proyección costos de Mantenimiento Sistema tradicional
Fuente: Autores

Se evidencia que en los años 2014, 2017 y 2020 el costo proyectado del mantenimiento se incrementa sustancialmente debido a la aparición de mantenimientos extraordinarios, en los cuales, es necesario hacer una inversión equivalente al 50% del valor de la obra más el aumento del IPC del 3% a partir del año cero.

Con Proyecto:

Los costos de la inversión del sistema de contención con placas alveolares equivalen a los Costos de la obra civil, provisionales de obra, diseños, gastos generales y los gastos administrativos correspondientes a la construcción y puesta en marcha del sistema de contención. Todos los costos y gastos serán liquidados en el año inicial 2012. Por tal razón, no es necesario hacer proyecciones para éstos conceptos.

SISTEMA DE CONTENCIÓN PLACAS ALVEOLARES	
MURO DE CONCRETO REFORZADO IZQ	\$ 4.337.958
MURO DE CONCRETO REFORZADO DER	\$ 4.337.958
EXCAVACION A MANO	\$ 66.300
CONCRETO POBRE	\$ 1.488.775
ANCLAJES MURO	\$ 27.768.000
PLACA ALVEOLAR	\$ 14.974.490
IMPREVISTOS 4%	\$ 2.118.939
COSTO TOTAL	\$ 55.092.421

Tabla 7: Costos de Inversión Sistema de placas Alveolares
Fuente: Autores

Los costos del sistema de contención con placas alveolares corresponden a los costos de muro de concreto reforzado derecho e izquierdo, conformado con concreto 3000 PSI (1m3 cada muro) con costo unitario de \$245.000, acero 1" corrugado (95 Kg por m3 cada muro) con costo unitario de \$2.087, Puntilla de 2" (0.8 kg por m3 cada muro) con costo unitario \$1.750, Puntilla de 3" (0,6 kg por m3 cada muro) con costo unitario de \$1.750, mano de obra incluido el equipo (1 por m3 cada muro) con costo unitario de \$145.000, alquiler bomba concreto (1 por m3 cada muro) con costo unitario de \$24.000 y ACPM (0,01 por m3 cada muro) con valor unitario de \$7.500.

Los costos de excavación a mano son los equivalentes a 8,5 m³ con costo unitario de \$7.800.

El concepto de concreto pobre incluye tanto los 8,5 m³ de concreto (Costo unitario de \$173.500) como la mano de obra para su instalación (costo unitario de \$1.650).

Adicionalmente se debe tener en cuenta una provisión de costos equivalente al 4% para cambios de precio de los insumos (Imprevistos).

Así mismo, se tiene en cuenta el valor del diseño de los planos equivalentes al 2,5% del valor de la obra civil. Para el caso de la persiana de placas alveolares será igual a \$1.377.311.

De igual forma, se debe hacer una proyección de los costos que implica este sistema con placas aligeradas. El mantenimiento de este sistema presenta ciertos costos de cambio de placas, según sea el daño ocasionado en estas por el impacto de las rocas y cuerpos sólidos.

Para los costos de mantenimiento se realiza una proyección de 10 años que incluye:

- Rutinario o preventivo: Dos veces al año e incluye actividades de limpieza de cunetas y la alcantarilla a la cual está conectado el muro. Rocería: Corte de ramas y vegetación, chapeo de monte (perfilado) y remoción de pequeños derrumbes. En este intervienen 3 personas (Mano de obra no calificada).
- Periódico o correctivo: Se realiza una vez al año e incluye la reparación de la superficie del muro.

La proyección de los costos de mantenimiento es:

Año	Rutinario	Correctivo	TOTAL	VPN
2012			\$ -	\$ 30.387.906
2013	\$ 723.419	\$ 3.617.093	\$ 4.340.511	
2014	\$ 745.121	\$ 3.725.605	\$ 4.470.726	
2015	\$ 767.475	\$ 3.837.374	\$ 4.604.848	
2016	\$ 790.499	\$ 3.952.495	\$ 4.742.994	
2017	\$ 814.214	\$ 4.071.070	\$ 4.885.284	
2018	\$ 838.640	\$ 4.193.202	\$ 5.031.842	
2019	\$ 863.800	\$ 4.318.998	\$ 5.182.797	
2020	\$ 889.714	\$ 4.448.568	\$ 5.338.281	
2021	\$ 916.405	\$ 4.582.025	\$ 5.498.430	
2022	\$ 943.897	\$ 4.719.485	\$ 5.663.383	

Tabla 8: Costos de Mantenimiento Sistema de Placas alveolares.

Fuente: Autores

Para los costos del mantenimiento rutinario, se maneja el 1% del total del valor de la obra. Para el correctivo, se calculan los costos con el 5% del total de la obra. En este caso no se necesita de un mantenimiento extraordinario o de rehabilitación ya que con los correctivos se pueden reparar en gran medida los daños ocasionados en placas puntuales.

Debido a que no se pueden comprar los costos de mantenimiento de la proyección como una suma, se calcula el valor presente neto de la proyección del mantenimiento con un DTF del 5,92%+3,5, equivalente al 9,63% (Dato extraído la página Web de Bancolombia). Para el caso del sistema de contención con el sistema de placas alveolares, el valor para el año 2012 es de \$30'387.906



Gráfica 4: Proyección costos de Mantenimiento Sistema tradicional
Fuente: Autores

Se evidencia que el costo proyectado hasta el año 2022 tiene un incremento del 3% anual, equivalente al aumento del IPC.

Productividad por Tiempo de Embotellamiento

Debido al tiempo de puesta en marcha de las obras y el mantenimiento de las mismas, las personas que transitan por la vía se ven afectadas en los embotellamientos. Se ha hecho una proyección del valor de la hora que ganan las personas por hora para cada una de las categorías descritas con anterioridad.

Categoría	Ponderación	Valor Hora	Embotellamiento	
			Tradicional	Alveolares
I	38%	\$ 15.000	\$ 1.350.000	\$ 472.500
II	32%	\$ 29.167	\$ 2.625.000	\$ 918.750
III	16%	\$ 90.000	\$ 8.100.000	\$ 2.835.000
IV	8%	\$ 115.000	\$ 10.350.000	\$ 3.622.500
V	6%	\$ 129.000	\$ 11.610.000	\$ 4.063.500
			\$ 34.035.000	\$ 11.912.250

Tabla 9: Proyección del Valor de la Hora (Salario) por categoría
Fuente: Autores

En los dos escenarios se presentan embotellamientos debido a la puesta en marcha y mantenimiento del muro de contención. Sin embargo, la diferencia radica en el tiempo de duración de la misma. Para el sistema tradicional, se estima que la obra tendrá una duración de dos (2) meses, y que los trancones promedio serán de 1,5 horas. Para el sistema de placas alveolares, la duración de las obras es de 3 semanas (21 días). Al multiplicar el valor de la hora por los días de duración y las 1,5 horas de embotellamiento, se obtiene la magnitud de la afectación total para los transeúntes con cada uno de los sistemas de contención.

Para el sistema tradicional de fundición en sitio, el impacto negativo en horas laborales perdidas (productividad) es de \$34.035.000 en los dos meses de duración, mientras que para el sistema de placas alveolares es de \$11'912.250 durante los 21 días de duración de la obra. Al comparar los dos posibles escenarios, validamos que el sistema de contención con placas

alveolares reduce el impacto negativo debido a la pérdida de horas productivas en \$22'122.750.



Gráfica 5: Valoración de pérdida de la productividad debido a embotellamientos
Fuente: Autores

Esta información se analizará como un impacto negativo para el grupo denominado como “vehículos transitantes” en la evaluación financiera. Sin embargo, será mas conveniente para este grupo el impacto generado por los trancones producto de la construcción del sistema de contención con placas alveolares.

5. Presupuestos de inversión.

Para el desarrollo del análisis de los escenarios “Con proyecto: Sistema de Contención con placas Alveolares” vs el escenario “Sin Proyecto: Sistema tradicional de fundición en Sitio” es necesario hacer un análisis de inversión de la obra civil de cada uno. En este análisis se tienen en cuenta todas las materias primas e insumos.

Para el caso del sistema tradicional tenemos:

- Muro de Gravedad
- Excavación a mano
- Concreto pobre

Para el Sistema de placas Alveolares tenemos

- Muro de Concreto reforzado izquierdo
- Muro de Concreto reforzado derecho
- Excavación a Mano
- Concreto Pobre.
- Anclajes Muro
- Placa alveolar

A continuación se muestra el desglose de los costos totales para los dos escenarios.

PRESUPUESTO DE INVERSION PROYECTO PLACAS ALVEOLARES							
		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			PRESUPUESTO		
		VR UNIT	CANTIDAD	VR TOTAL	VR UNIT	CANTIDAD	VR TOTAL
TOTAL COSTO DIRECTO							\$ 52.973.481
MURO DE CONCRETO REFORZADO IZQ							
CONCRETO 3000 PSI	M3	\$ 245.000	1	\$ 245.000			
ACERO 1" CORRUGADO	M3	\$ 2.087	95	\$ 198.265			
PUNTILLA C/CABEZA DE 2"	M3	\$ 1.750	0,8	\$ 1.400			
PUNTILLA C/CABEZA DE 3"	M3	\$ 1.750	0,6	\$ 1.050			
MANO DE OBRA MURO INC EQUIPO	M3	\$ 145.000	1	\$ 145.000			
ALQUILER BOMBA CONCRETO	M3	\$ 24.000	1	\$ 24.000			
ACPM	M3	\$ 7.500	0,01	\$ 75			
					\$ 614.790	7,056	\$ 4.337.958
MURO DE CONCRETO REFORZADO DER							
CONCRETO 3000 PSI	M3	\$ 245.000	1	\$ 245.000			
ACERO 1" CORRUGADO	M3	\$ 2.087	95	\$ 198.265			
PUNTILLA C/CABEZA DE 2"	M3	\$ 1.750	0,8	\$ 1.400			
PUNTILLA C/CABEZA DE 3"	M3	\$ 1.750	0,6	\$ 1.050			
MANO DE OBRA MURO INC EQUIPO	M3	\$ 145.000	1	\$ 145.000			
ALQUILER BOMBA CONCRETO	M3	\$ 24.000	1	\$ 24.000			
ACPM	M3	\$ 7.500	0,01	\$ 75			
					\$ 614.790	7,056	\$ 4.337.958
EXCAVACION A MANO							
Excavacion a mano	M3	\$ 7.800	1	\$ 7.800			
					\$ 7.800	8,5	\$ 66.300
CONCRETO POBRE							
CONCRETO POBRE	M3	\$ 173.500	1	\$ 173.500			
MANO DE OBRA CONCRETO POBRE	M3	\$ 1.650	1	\$ 1.650			
					\$ 175.150	8,5	\$ 1.488.775
ANCLAJES MURO							
PERNO HELICOIDAL X 2M	M	\$ 178.000	1	\$ 178.000			
MANO DE OBRA ANCLAJE	M	\$ 17.800	1	\$ 17.800			
EQUIPO Y HERRAMIENTA	M	\$ 35.600	1	\$ 35.600			
					\$ 231.400	120	\$ 27.768.000
PLACA ALVEOLAR							
HERRAMIENTA Y EQUIPO MENOR	HH	\$ 300	8	\$ 2.400			
VIBRADOR CONCRETO	M3	\$ 2.500	1	\$ 2.500			
LOSA ALVEOLAR	M2	\$ 85.172	10	\$ 851.722			
CONCRETO 3000 PSI (INCLUYE VIGAS)	M3	\$ 291.150	0,18	\$ 52.407			
ACERO REFUERZO CORTANTE	KG	\$ 2.300	0,4	\$ 920			
CONSUMIBLES	HH	\$ 200	1,5	\$ 300			
CAMION GRUA TIPO HINO	DIA	\$ 50.000	8	\$ 400.000			
MANO DE OBRA CONCRETO 3000 PSI	HH	\$ 7.800	24	\$ 187.200			
					\$ 1.497.449	10	\$ 14.974.490
IMPREVISTOS 4%							\$ 2.118.939
COSTO TOTAL							\$ 55.092.421

Tabla 10. Presupuesto de inversión placas Alveolares

Fuente: Autores

PRESUPUESTO DE INVERSION SITUACION SIN PROYECTO, ESTRUCTURA CONVENCIONAL							
		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			PRESUPUESTO		
		VR UNIT	CANTIDAD	VR TOTAL	VR UNIT	CANTIDAD	VR TOTAL
TOTAL COSTO DIRECTO						\$ 62.437.186	
SISTEMA DE CONTENCIÓN TRADICIONAL							
MURO POR GRAVEDAD							
ACERO DE REFUERZO	Kg	\$ 2.087	9711,5808	\$ 20.268.069			
CONCRETO MURO 210	m3	\$ 245.000	160,4848	\$ 39.318.776			
FILTRO	m3	\$ 31.230	19,344	\$ 604.113			
GEOTEXTIL NT 3000	m2	\$ 2.200	119,04	\$ 261.888			
TUBO PERFORADO	m	\$ 15.000	36	\$ 540.000			
					\$ 60.992.846	1	\$ 60.992.846
EXCAVACION A MANO							
EXCAVACION A MANO	M3	\$ 7.800	26,414	\$ 206.029			
					\$ 206.029	1	\$ 206.029
CONCRETO POBRE							
CONCRETO POBRE	M3	\$ 173.500	7,07	\$ 1.226.645			
MANO DE OBRA CONCRETO POBRE	M3	\$ 1.650	7,07	\$ 11.666			
					\$ 1.238.311	1	\$ 1.238.311
IMPREVISTOS 4%							
							\$ 2.497.487
COSTO TOTAL							\$ 64.934.673

Tabla 11: Presupuesto sistema tradicional
Fuente: Autores

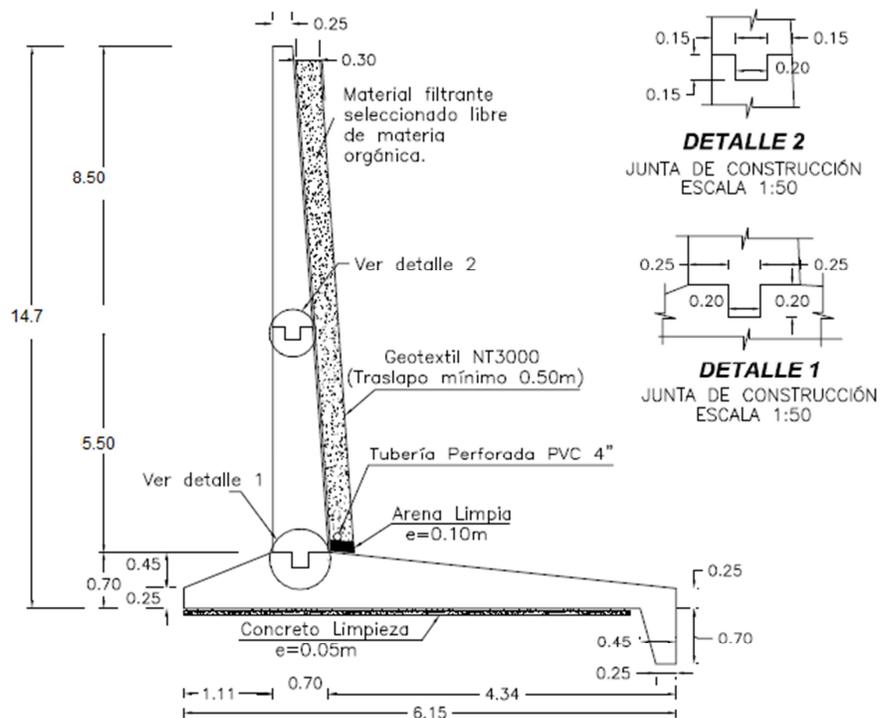


Figura 4: Geometría de Muro

Fuente: Autores

CUADRO DE REFUERZO DEL MURO				
ID	DIAMETRO	PESO (Kg)		
1	3/8	172,45		
2	3/4	732,39		
3	5/8	74,15		
TOTAL		978,99		
MURO TRADICIONAL, L= 9,92				
ID	ACTIVIDAD	CANT POR m	CANT TOTAL	UN
1	ACERO DE REFUERZO	978,99	9711,5808	Kg
2	CONCRETO DE LIMPIEZA 140	0,71	7,07296	m3
3	CONCRETO MURO 210	14,33	160,4848	m3
4	FILTRO	1,95	19,344	m3
5	GEOTEXTIL NT 3000	12,00	119,04	m2
6	TUBO PERFORADO	12,00	36	m

Tabla 12: Cuadro de Refuerzo de Muro
Fuente: Autores

6. Evaluación Económica [20]

En la evaluación de proyectos, a través del análisis económico, análisis Costo-beneficio o análisis de eficiencia, se determina la prioridad de un proyecto en el conjunto de la economía del país y su efecto sobre la misma. Al realizar este análisis, se verifica cual es el sector que requiere de mayor atención y si el proyecto generará beneficios suficientes que justifiquen la utilización de escasos recursos (capital, personal directivo y mano de obra, insumos materiales, servicios públicos, etc.). Con el fin de responder a esto, se debe realizar un análisis de los aspectos sectoriales y de comercialización y cuantificar los costos y beneficios para de esta forma determinar las repercusiones del proyecto en la economía del país y en dicho sector, es decir, el bienestar teniendo en cuenta el objetivo de eficiencia.

Para el desarrollo de la evaluación Económica se deben eliminar las imperfecciones de los precios del mercado. Los mercados de los recursos, bienes y servicios no funcionan perfectamente por factores como impuestos, subsidios, etc. Para solucionarlo se utilizan las razones precio cuenta (RPC) multiplicándolos por cada bien.

$$PM_i * RPC = PE_i$$

Para los bienes que no son transados en un mercado (Bienes meritorios) se utiliza la herramienta teórico-conceptual siendo las más utilizadas la Disponibilidad a pagar (DAP) y compensación exigida (CE) que permiten expresar monetariamente los cambios de bienestar.

En la evaluación económica, se estudia el panorama de la colectividad partiendo del análisis de los diferentes grupos involucrados en el desarrollo del proyecto (stakeholders). Para el proyecto del "Análisis De Pre Inversión Para La Implementación De Placas Aligeradas Prefabricadas en un Sistema de Contención de Caídas de Agua de Cundinamarca" se estudian 5 grupos a saber:

- Municipio
- Constructora
- Población aledaña
- Vehículos Transitantes
- Interventoría

Los datos que se relacionan a continuación representan al valor presente neto para el año 2012, calculados sobre un horizonte de tiempo de 10 años (cubrimiento de garantía de obra).

EVALUACIÓN ECONOMICA						
SISTEMA DE CONTENCIÓN						
TRANSFERENCIAS	GRUPOS	BENEFICIOS		COSTOS		NETO TOTAL
		SISTEMA TRADICIONAL SP	PLACAS ALVEOLARES CP	SISTEMA TRADICIONAL SP	PLACAS ALVEOLARES CP	
	MUNICIPIO					\$ 182.272.390
x	Pago Obra civil			\$ 64.934.673	\$ 55.092.421	\$ 9.842.252
x	Ingreso por impuestos de obra	\$ 824.670	\$ 699.674			\$ (124.997)
x	Pago interventoría			\$ 5.194.774	\$ 2.203.697	\$ 2.991.077
x	Pago por Diseños			\$ 1.623.367	\$ 1.377.311	\$ 246.056
x	Pago gastos administrativos			\$ 34.980.000	\$ 13.117.500	\$ 21.862.500
x	Mantenimiento			\$ 178.237.098	\$ 30.387.906	\$ 147.849.192
x	Pagos Gastos Generales			\$ 649.347	\$ 550.924	\$ 98.423
x	Derrame de valorización	\$ 3.246.734	\$ 2.754.621			\$ (492.113)
x	Ingreso por cobro de peajes	\$ 3.391.767.219.901	\$ 3.391.767.219.901			
	CONSTRUCTORA					\$ 116.549.957
x	Obra civil	\$ 64.934.673	\$ 55.092.421			\$ (9.842.252)
x	Mantenimiento	\$ 178.237.098	\$ 30.387.906			\$ 147.849.192
	Provisionales de Obra			\$ 1.000.000	\$ 375.000	\$ 625.000
x	Gastos Administrativos	\$ 34.980.000	\$ 13.117.500			\$ (21.862.500)
x	Gastos Generales	\$ 649.347	\$ 550.924			\$ (98.423)
x	Diseños	\$ 1.623.367	\$ 1.377.311			\$ (246.056)
x	Impuestos			\$ 824.670	\$ 699.674	\$ 124.997
	POBLACIÓN ALEDAÑA					\$ 7.887
x	Impuestos por valorización			\$ 3.246.734	\$ 2.754.621	\$ (492.113)
	Paisajismo	\$ (1.300.000)	\$ (800.000)			\$ 500.000
	VEHÍCULOS TRANSITANTES					\$ 22.122.750
X	Pago de peajes			\$ 3.391.767.219.901	\$ 3.391.767.219.901	-
	Tiempo productivo			\$ 34.035.000	\$ 11.912.250	\$ 22.122.750
	INTERVENTORÍA					\$ (2.991.077)
x	Interventoría	\$ 5.194.774	\$ 2.203.697			\$ (2.991.077)

Tabla 13: Evaluación Económica
Fuente: Autores



En la evaluación económica, se examina el resultado de la colectividad, eliminando las transferencias y los RPC. El resultado arrojado para la evaluación Financiera para la implementación del sistema de contención con placas alveolares vs el tradicional es el siguiente:

ÍTEM	BENEFICIOS		COSTOS		NETO	IMPACTO	RPC	TOTAL
	SP	CP	SP	CO				
Provisionales de Obra			\$ 1.000.000	\$ 375.000	\$ (625.000)	-1	0,79	\$ 625.000
Paisajismo	\$ (1.300.000)	\$ (800.000)			\$ 500.000	1	1	\$ 500.000
Tiempo productivo			\$ 34.035.000	\$ 11.912.250	\$ (22.122.750)	-1	0,49	\$ 22.122.750
								\$ 23.247.750

Tabla 14: Evaluación Económica
Fuente: Autores

Al analizar los resultados de la colectividad con la puesta en marcha del proyecto, éste es positivo equivalente a \$171'096.942. Esta información ratifica que el proyecto es beneficioso tanto para los interesados como para la comunidad en general.

7. Evaluación Financiera [20]

La evaluación financiera o evaluación privada de los proyectos, consiste en estudiar la rentabilidad financiera del proyecto desde el punto de vista del ejecutor, en la cual se examina el impacto del proyecto desde el punto de vista del ejecuto, en la cual se examina el impacto del proyecto o de la política sobre las ganancias monetarias de dicha entidad o inversionista y se establece la viabilidad en términos del aporte financiero neto que genera. Se realiza a través de la presentación sistemática de los costos y beneficios financieros de un proyecto, los cuales se resumen por medio de indicadores de rentabilidad.

FLUJO DE CAJA PROYECTADO											
SITUACION SIN PROYECTO											
AÑO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Pago Obra civil	\$ 64.777.755										
Ingreso por impuestos de obra	\$ 824.670										
Pago interventoría	\$ 5.194.774										
Pago por Diseños	\$ 1.623.367										
Pago gastos administrativos	\$ 34.980.000										
Mantenimiento	\$ -	\$ 12.166.399	\$ 56.960.867	\$ 12.907.332	\$ 13.294.552	\$ 62.242.677	\$ 14.104.191	\$ 14.527.316	\$ 68.014.254	\$ 15.412.030	\$ 15.874.391
Pagos Gastos Generales	\$ 649.347										
Insidencia del peaje en obra	\$ 18.493.690	\$ 21.509.733	\$ 25.017.648	\$ 29.097.651	\$ 33.843.041	\$ 39.362.334	\$ 45.781.740	\$ 53.248.055	\$ 61.932.014	\$ 72.032.196	\$ 83.779.567
RESULTADOS SITUACION	\$ 87.906.882	\$ 9.343.334	\$ (31.943.219)	\$ 16.190.318	\$ 20.548.489	\$ (22.880.344)	\$ 31.677.549	\$ 38.720.738	\$ (6.082.240)	\$ 56.620.166	\$ 67.905.176
VPN	\$ 169.421.045										
TIRM	28%										
SITUACION CON PROYECTO											
AÑO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Pago Obra civil	\$ 55.092.421										
Ingreso por impuestos de obra	\$ 2.203.697										
Pago interventoría	\$ 1.377.311										
Pago por Diseños	\$ 13.117.500										
Pago gastos administrativos	\$ 30.387.906										
Mantenimiento		\$ 4.340.511	\$ 4.470.726	\$ 4.604.848	\$ 4.742.994	\$ 4.885.284	\$ 5.031.842	\$ 5.182.797	\$ 5.338.281	\$ 5.498.430	\$ 5.663.383
Pagos Gastos Generales	\$ 550.924										
Ingreso por cobro de peajes	\$ 184.936.896.000	\$ 215.097.329.684	\$ 250.176.477.696	\$ 290.976.508.561	\$ 338.430.412.459	\$ 393.623.336.275	\$ 457.817.398.072	\$ 532.480.548.436	\$ 619.320.138.678	\$ 720.321.963.494	\$ 837.795.670.911
Insidencia del peaje en obra	\$ 18.493.690	\$ 21.509.733	\$ 25.017.648	\$ 29.097.651	\$ 33.843.041	\$ 39.362.334	\$ 45.781.740	\$ 53.248.055	\$ 61.932.014	\$ 72.032.196	\$ 83.779.567
RESULTADOS SITUACION	\$ 79.828.675	\$ 17.169.222	\$ 20.546.921	\$ 24.492.803	\$ 29.100.048	\$ 34.477.050	\$ 40.749.898	\$ 48.065.258	\$ 56.593.733	\$ 66.533.767	\$ 78.116.185
VPN	\$ 309.174.050										
TIRM	52%										

Tabla 15: Evaluación Financiera
Fuente: Autores

Se evidencia que al plantear el flujo de caja de la situación sin proyecto y compararla con la situación con proyecto, la persiana de placas alveolares representa un beneficio superior para el municipio ya que su tasa interna de retorno es del 52%, mucho mayor al 28% generado por el escenario del muro de contención por gravedad.

8. CONCLUSIONES

Los prefabricados en concreto pretensado como se evidencio en el presente trabajo se presentan como una solución altamente efectiva a nivel técnico funcionando en un sistema de contención tipo muro, reteniendo la caída de los fluidos y sólidos del Chorro Caiquero, sitio que sirvió de análisis para esta evaluación de pre inversión. Su efectividad se debe al material del que esa conformada; el concreto pretensado, este le permite resistir las cargas de impacto conforme al diseño estructural respectivo a la estructura.

El análisis de la situación con proyecto evidencio las ventajas económicas que ofrece la Placa Alveolar, como consecuencia de su producción industrializada. En las obras civiles de carácter vertical, como es el presente caso con el muro de contención tipo persiana, ofrecen los siguientes beneficios de carácter financiero y económico, así:

- **Beneficio en los Costos del sistema de contención en la situación con proyecto versus la situación sin proyecto:** Al evaluar directamente el costeo de la situación tradicional denominada situación sin proyecto, se evidencia un costo mayor en las actividades de gastos administrativos y el pago de la obra civil, haciéndola mucho más costosa que la situación con proyecto, esto se debe a que el sistema de contención tradicional conlleva para su ejecución mayor tiempo que el sistema de contención empleado con las placas alveolares. El ahorro total que representa la entrada del proyecto de placas alveolares es equivalente a \$35'165.304 (se presenta un ahorro del 32% en los costos de la obra civil).
- **La Durabilidad y Garantía de la calidad del proyecto:** La ausencia de la fractura en el concreto gracias al pretensado, mejora la protección de la armadura de contención frente a los riesgos de corrosión que el contacto con el fluido o cuerpos sólidos generan en las estructuras convencionales, tanto por la existencia de agua, como por la propia composición química de los fluidos. Es decir que en la situación con proyecto empleando el sistema constructivo de los prefabricados en concreto el mantenimiento que se requiere a lo largo de la vida útil de la estructura es de carácter preventivo y correctivo, mientras que en la situación sin proyecto con el sistema tradicional del muro de contención el mantenimiento de rehabilitación es obligatorio adicional a los anteriores.

La situación con proyecto presenta un ahorro del 83% para la actividad denominada Mantenimiento de la estructura.

Por todo lo anterior, dimensionando adecuadamente las características resistentes al uso concreto, los prefabricados en concreto como la Placa Alveolar son la solución constructiva y económica ideal para la construcción de muros y de pantallas para contener empujes de tierras, agua y otros líquidos.

9. RECOMENDACIONES

Una vez concluido el trabajo de grado, se considera interesante investigar sobre otros aspectos relacionados con las diferentes aplicaciones que pueden tener los prefabricados en concreto para temas relacionados con el desarrollo de la infraestructura vial en nuestro país y se propone:

- Extender los estudios expuestos en este trabajo de grado para el diseño de estructuras prefabricadas en concreto como lo son alcantarillas, cunetas y box culvert buscando la factibilidad técnica y económica de la situación con proyecto. Las cuales nacen como una solución alternativa a los sistemas tradicionales de construcción de estas obras de arte.
- Avanzar en el estudio propuesto para soluciones de gran impacto como los son muros de contención mayores a 30 metros, estructuras que requieren un análisis económico y

financiero teniendo en cuenta el mayor grado de complejidad técnica al propuesto, determinando así la viabilidad de estos sistemas según la inversión requerida.

- La calidad de las obras civiles al emplear materiales pre fabricados recae en gran medida sobre los proveedores de estos, permitiéndole a la obra tener productos conformes a los estándares de calidad exigidos por la normatividad vigente, lo cual conlleva a unas buenas prácticas de manufactura, donde el entregable es un producto final llamado proyecto.
- La industrialización de los sistemas constructivos en los proyectos de obra civil permitirán el tránsito de la construcción tradicional a una construcción sostenible, amigable con el ambiente y su entorno, minimizando los impactos negativos como el vertimiento de sustancias contaminantes de los residuos de concreto en obra en la fauna y flora adyacente a los proyectos de infraestructura.
- Los inversionistas en proyectos de obra civil buscan el retorno de la inversión a corto y mediano plazo, debido a que la modalidad de contratación de obras públicas y privadas ha cambiado, obligando a las empresas prestadoras del servicio a manejar anticipos menores al 20% del valor total, donde los flujos de caja de los contratistas se ven afectados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] TÉLLEZ, Germán. Casa de Hacienda: arquitectura en el campo colombiano, 2.ª edición. Bogotá: Villegas Editores, 2006, p 31.
- [2] Norma Sismo Resistente (2010). NSR-10, Capítulo C.2 – Notación y definiciones.
- [3] Asociación Internacional De Placas Alveolares. AIDEPLA, p.02
- [4] La obra gruesa: unos apuntes de construcción por Fructuoso Mañá (Feb 28, 2003)
- [5] Asociación Internacional De Placas Alveolares. AIDEPLA, p.02.
- [6] Norma Sismo Resistente (2010). NSR-10, Capítulo A, p 01.
- [7] AIDEPLA, CAP 4.2.- SIMPLICIDAD DE TRANSPORTE Y ACOPIO. Pag. 21.
- [8] Asociación Internacional De Placas Alveolares. AIDEPLA ,Cap.4.9 Versatilidad, p.25.
- [9] Asociación Internacional De Placas Alveolares. AIDEPLA ,Cap.4.9 Versatilidad, p.24.
- [10] Ministerio de Transporte Decreto número 015 de 2011
- [11] Universidad Nacional de Colombia. Cartilla manual para la elaboración y/o revisión de análisis de precios unitario, 2009.
- [12] Manufacturas de Cemento S.A. Proveedores de prefabricados en concreto,1960.
- [13] H.L. Gantt, *Work, Wages and Profit*, published by *The Engineering Magazine*, Nueva York, 1910
- [14] Saltos, Cascadas y Raudales de Colombia. Libros de la Colección Ecológica del Banco de Occidente. 2010
- [15] Información suministrada por la Concesión Sabana de Occidente, Peaje de Siberia. 2012
- [16] <http://www.car.gov.co>. Corporacion Autonoma de Cundinamarca
- [17] Norma Sismo Resistente (2010). NSR-10, Capítulo H, p 23.
- [18] Norma Sismo Resistente (2010). NSR-10, Capítulo C, p 155.
- [19] www.titancemento.com .
- [20] Universidad Nacional de Colombia. Cartilla manual para la elaboración y/o revisión de análisis de precios unitario, 2009.