



**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DEL USO DE LA FIBRA DE
CARBONO EN LA REPOTENCIACIÓN DE ESTRUCTURAS DE
EDIFICACIONES CON EL FIN DE ADECUARLAS A LA NORMA
SISMO RESISTENTE NRS 10**

**INFORME DE TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE PROYECTOS**

DANIEL MORALES SALDARRIAGA

ASESOR: MILTON CESAR TORO

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ESUMER
FACULTAD ESTUDIOS EMPRESARIALES Y DE MERCADEO
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS**

2018

Tabla de contenido

1. Planteamiento del problema.....	15
2. Objetivos.....	20
2.1. General.....	20
2.2. Específicos.....	20
3. Justificación.....	21
4. Limitación de la investigación.....	23
5. Marco de referencia.....	24
5.1. Estado del arte.....	24
5.2. Marco teórico.....	28
5.3. Marco conceptual.....	30
6. Marco metodológico.....	32
6.1. Tipos de investigación a desarrollar.....	32
6.2. Diseño de investigación.....	32
7. Entrega, difusión y divulgación del proyecto.....	34
8. Usuarios potenciales.....	35
9. Formulación del proyecto.....	36
9.1 Análisis sectorial.....	36
9.1.1. Composición sectorial.....	36
9.1.2. Situación histórica del sector.....	40
9.1.3. Situación actual del sector.....	45
9.1.4. Perspectiva del sector.....	48
9.1.5. Conclusión análisis sectorial.....	49

9.2. Análisis del mercado.....	52
9.2.1. Descripción del servicio.....	52
9.2.2. Usos.....	53
9.2.3. Usuarios	55
9.2.4. Presentación y composición.....	56
9.2.5. Características físicas.....	57
9.2.6. Sustitutos.....	59
9.2.7. Demanda	64
9.2.7.1. <i>Comportamiento histórico</i>	64
9.2.7.2. <i>Situación actual</i>	68
9.2.7.3. <i>Situación futura</i>	69
9.2.7.4. <i>Fuentes primarias</i>	70
9.2.8. Oferta	81
9.2.9. Precio	83
9.2.9.1. <i>Análisis histórico del precio</i>	83
9.2.9.2. <i>Variables para definir precio</i>	84
9.2.9.3. <i>Proyección del precio</i>	86
9.2.10. Plaza.....	88
9.2.10.1. <i>Canales de comercialización y distribución del producto</i>	88
9.2.10.2. <i>Descripción canales de comercialización</i>	88
9.2.10.3. <i>Ventajas y desventajas de canales empleados</i>	89
9.2.10.4. <i>Almacenamiento</i>	89
9.2.10.4. <i>Trasporte</i>	89

9.2.11. Conclusión análisis de mercado.....	89
9.3. Análisis técnico.....	91
9.3.1. Factores de localización.....	91
9.3.2. Tamaño.....	94
9.3.3. Descripción técnica del servicio.....	95
9.3.4. Proceso de ejecución del servicio.....	95
9.3.5. Inversión en maquinaria y equipos.....	97
9.3.6. Descripción de insumos.....	98
9.3.7. Distribución espacial.....	99
9.3.8. Mano de obra.....	101
9.3.9. Tipo de sociedad.....	101
9.3.10. Aspectos administrativos.....	103
9.3.10.1. Vinculaciones.....	103
9.3.10.2. Reclutamiento.....	104
9.3.10.3. Selección.....	104
9.3.10.4. Tipo de contrato.....	105
9.3.10.5. Definición de cargo.....	105
9.3.10.6. Salarios.....	107
9.3.10.7. Organigrama.....	109
9.3.11. Inversiones y financiación.....	109
9.3.12. Capital de trabajo.....	113
9.3.13. Alternativa de financiación.....	113
9.3.14. Costos y gastos administrativos.....	114

9.3.15. Conclusión análisis técnico.....	114
10. Evaluación del proyecto.....	116
10.1. Evaluación financiera.....	116
10.1.2. Balance general y variables	116
10.1.3. Flujo de caja del proyecto	118
10.1.4. Flujo de caja del inversionista.....	119
10.1.5. Evaluación financiera.....	119
10.1.6. Análisis de sensibilidad.....	121
10.1.7. Riesgos del proyecto	122
10.1.8. Conclusión evaluación financiera	123
11. Conclusión general.....	125
12. Recomendaciones	126
13. Anexos	127
14. Referencias.....	128

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Caracterización sísmica del territorio nacional	17
Ilustración 2 Sectores economicos	43
Ilustración 3 Producto interno bruto (PIB) Colombia	46
Ilustración 4 Presentación del tejido de fibra de carbono	53
Ilustración 5 Repotenciación con fibra Bloque 10B UPB. Recubrimiento con fibra de carbono de la columna a intervenir.	58
Ilustración 6 Abujardada de columna para aplicar adherente concreto-concreto obra Art Living	60
Ilustración 7 Colocación de acero de refuerzo en columna de repotenciación obra Art Living	61
Ilustración 8 Instalación de formaleta en madera obra Art Living	61
Ilustración 9 Concreto vaciado y proceso de retirar obra falsa-Art Living	62
Ilustración 10 Licencias aprobadas enero 2008- abril 2016 por área	66
Ilustración 11 Obras en proceso en Colombia por m2	67
Ilustración 12 Licencias de construcción aprobadas por área	68
Ilustración 13 Proceso de construcciones vigentes.	69
Ilustración 14 Proyección de obras (m2) en proceso de ejecución.	70
Ilustración 15 Resultados entrevista #3- Elaboración propia	73
Ilustración 16 Resultados entrevista #4- Elaboración propia	74
Ilustración 17 Resultados entrevista #5- Elaboración propia	75
Ilustración 18 Resultados entrevista #6- Elaboración propia	76
Ilustración 19 Resultados entrevista #7- Elaboración propia	77

Ilustración 20 Resultados encuesta #8- Elaboración propia	78
Ilustración 21 Localización proyecto	94
Ilustración 22 Planta primer nivel	99
Ilustración 23 Planta segundo nivel	100
Ilustración 24 Organigrama proyecto	109
Ilustración 25 Balance del proyecto	117
Ilustración 26 Flujo de caja del proyecto	118
Ilustración 27 Flujo de caja de la deuda	119
Ilustración 28 Flujo de caja inversionista	119

Índice de tablas

Tabla 1 Sectores de la economía colombiana	44
Tabla 2 Sectores de la economía 2011-2016	47
Tabla 3 Coeficiente de importancia de edificaciones	55
Tabla 4 Propiedades de la fibra de carbono	59
Tabla 5 Cargo de desempeño de entrevistados	72
Tabla 6 Resultados entrevista	79
Tabla 7 Proyección demanda por proyecto.....	80
Tabla 8 Proyección total de m2 intervenidos por año.....	80
Tabla 9 Comparativo de precios	84
Tabla 10 Análisis de precios unitarios	86
Tabla 11 Proyección inflación y devaluación nominal.....	87
Tabla 12 Proyección de costos 2018-2022	87
Tabla 13 Proyección del precio 2018-2022	88
Tabla 14 Valor de localización	93
Tabla 15 Proceso de ejecución del servicio	97
Tabla 16 Cuadro de salarios.....	108
Tabla 17 Inversiones del proyecto	110
Tabla 18 Programación de inversiones	112
Tabla 19 Capital de trabajo	113
Tabla 20 Costos administrativos.....	114

Tabla 21 Préstamo bancario.....	119
Tabla 22 Calculo valor del WACC.....	120
Tabla 23 Valor presente neto VPN.....	120
Tabla 24 Índice de rentabilidad.....	121
Tabla 25 Análisis de variables	121
Tabla 26 Riesgos del proyecto.....	123

Glosario

Fibra de carbono: Material formado con micro fibras de átomos de carbono en su gran mayoría que entrelazados forman un tejido de alta resistencia.

Adherente Epóxico: Adhesivo estructural de alta resistencia que trabaja en condiciones extremas de temperatura y fuerzas físicas.

Ampliación: Aumento en el alcance, duración, calidad o el tamaño de una obra.

Repotenciación estructural: Consiste en el mejoramiento de las propiedades portantes de un elemento o un conjunto de elementos en una edificación.

Construcción: Ordenamiento de elementos y materiales para la consecución de una obra de ingeniería o arquitectura.

Concreto: Mezcla de cemento (caliza), agregado grueso, agregado fino y agua que por medio de una reacción química genera un material de alta resistencia usado en la construcción.

Ingeniería: Aplicación de un conjunto de técnicas y procesos que permiten aplicar el saber teórico de matemáticas, mecánica de fluidos, mecánica de suelos, física estática, entre otras para resolver problemas de diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura.

Oficial: Personal con conocimiento para ejecutar una actividad específica.

Ayudante: Personal con la función específica de ayudar en una ocupación a un personal generalmente con un cargo superior o mayor conocimiento.

Herramienta: Objetos que se utilizan para facilitar o mejorar el rendimiento en un trabajo.

Tasa de cambio: Valor del peso colombiano con respecto al valor del dólar estadounidense, el valor fluctúa según la oferta y demanda de la moneda.

Inflación: Proceso económico generado por la variación de la producción y la demanda, generando aumento en los precios de los productos y una pérdida del poder adquisitivo de la población.

Almacén: Establecimiento donde se almacena la materia prima y objetos necesarios para vender o distribuir.

Materia prima: Componente principal para desarrollar un producto o prestar un servicio.

Licencia de construcción: Contrato mediante el cual la curaduría (departamento del gobierno) expide un derecho para el uso y ejecución de un proyecto de infraestructura.

Resultados basados en la definición de Word Reference diccionario en español. (Word Reference, 2018).

Introducción

El proyecto para determinar la viabilidad del uso de la fibra de carbono en la repotenciación de elementos estructurales consiste en realizar un estudio detallado de los factores y variables sustanciales que influyen para evaluar el proyecto. Inicialmente, se realiza el planteamiento, objetivos, posibles dificultades y reseñas de proyectos similares que se hayan realizado con el fin de encauzar la búsqueda de los resultados esperados.

En el análisis sectorial se evalúa la situación histórica, presente y tendencias a futuro del sector económico de la construcción en el país. Los resultados nos arrojan datos para determinar el mercado potencial para la ejecución del proyecto, con los conocimientos en el comportamiento del sector ante cambios políticos, culturales o externos en el entorno.

El análisis de mercado permite conocer la demanda y la oferta, basado en los datos obtenidos del mercado y encuestas personalizadas a profesionales con conocimiento y capacidad para arrojar unas respuestas acordes con la realidad. El conocimiento sobre los productos sustitutos o competidores consiente en mantener un control sobre las variaciones que fluctúen en el mercado para determinar la plaza y el precio adecuado que pueda competir bajo los criterios establecidos.

El análisis técnico, basa sus esfuerzos en determinar la secuencia apropiada para el desarrollo en ejecución del servicio y lo que esto conlleva, buscando conocer la cantidad de insumos necesaria, los esfuerzos de personal requerida y los costos adicionales para establecer los costos variables, costos administrativos y la inversión necesaria. El análisis de localización nos permite establecer el lugar adecuado para ubicar el proyecto.

En la evaluación financiera se recopilan todas las variables y datos obtenidos en el análisis sectorial, de mercado y técnico para realizar el flujo de caja del proyecto, flujo de caja del inversionista, evaluación financiera y análisis de sensibilidad de las variables para determinar la viabilidad del proyecto.

Resumen del proyecto

El proyecto de repotenciación de estructuras con fibra de carbono busca determinar la viabilidad económica para el desarrollo de esta alternativa en obras de infraestructura que requieren ser adecuados a la normativa sismo resistente vigente en el país, proyectos con falencias técnicas o ampliaciones de edificaciones. Por medio de: análisis del sector en la construcción, estudio de mercado y análisis técnico, se determinan variables y criterios fundamentales para realizar la evaluación financiera del proyecto.

Los resultados determinan que el costo variable del proyecto (fibra de carbono, adherente epóxico, mano de obra directa, herramienta menor y transporte) representa un alto porcentaje de los costos totales del proyecto, ocho veces más que los costos fijos. La inversión inicial de \$57.591.060,00 es baja con relación a los ingresos del proyecto, que para el primer año son iguales a \$ 3.880.120.493,57. Al concluir la evaluación financiera realizada con los datos obtenidos en los análisis, se establece que el proyecto es viable para los inversionistas con las condiciones establecidas, con un VPN igual a \$1.344.002.947,30.

Abstract

The project of repowering structures with carbon fiber seeks to determine the economic viability for the development of this alternative in infrastructure works that requires to be adequate to earthquake resistant regulations in force in the country, projects with technical flaws or extensions of buildings. Through: analysis of the construction sector, market study and technical analysis, variables and fundamental criteria are determined for the realization of the financial evaluation of the project.

The results determine that the variable costs of the project (carbon fiber, epoxic adherent, direct labor, minor tool, and transportation) represent a high percentage of the total cost of the project, eight times more than the fixed costs. The initial investment of \$ 57.591.060,00 is low in relation to project income, which for the first year are equal to \$ 3.880.120.493,57. Upon completion of the financial evaluation realized with the data obtained in the analysis, it is established that the project is viable for the investors with the established conditions, with a NPV equal to \$1.344.002.947,30.

1. Planteamiento del problema

En Colombia existe alta probabilidad de que ocurra actividad sísmica en un lugar y momento determinado ya que, en general, el país está ubicado en el cinturón de fuego del pacífico. En el país se caracterizan zonas de alto, intermedio y bajo riesgo de sufrir las consecuencias de terremotos. El 87% por ciento de la población colombiana habita en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial- Norma NRS-10, 2017). El mismo documento, en la caracterización sísmica del país, establece que las fallas se presentan en la dirección norte sur, coincidiendo con la dirección de las tres cordilleras. El principal accidente sismo tectónico es la zona pacífica, causada por el doblamiento de la placa de Nazca cuando subduce bajo la placa suramericana; también se identifican en el territorio un gran número de fallas geológicas sísmicamente activas. En la Figura 1, tomada de la Norma, se muestran los principales macro sistemas de fallas en el país.

Los sismos son causados por el movimiento relativo entre placas tectónicas colindantes, independientemente de su dirección, las cuales acumulan energía hasta un momento en el cual causa una fractura en la roca presente en la corteza terrestre, liberando abruptamente la energía acumulada, la cual se manifiesta con la generación de ondas sísmicas. A través de los datos históricos se ha podido identificar que los sismos en el mundo ocurren en las fronteras de las placas tectónicas, fenómenos que se conocen con el nombre de terremotos o sismos tectónicos; también se ha podido determinar que un porcentaje menor de sismos ocurren al interior de las placas tectónicas, los cuales reciben el nombre de sismos intraplaca. De otro lado, en las regiones con la presencia de volcanes las erupciones generalmente están acompañadas por sismos que se conocen con el nombre de sismos volcánicos. Otra causa de sismos son las actividades del

hombre como las grandes explosiones y la explotación minera del subsuelo. (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial-Norma NRS-10, 2017)

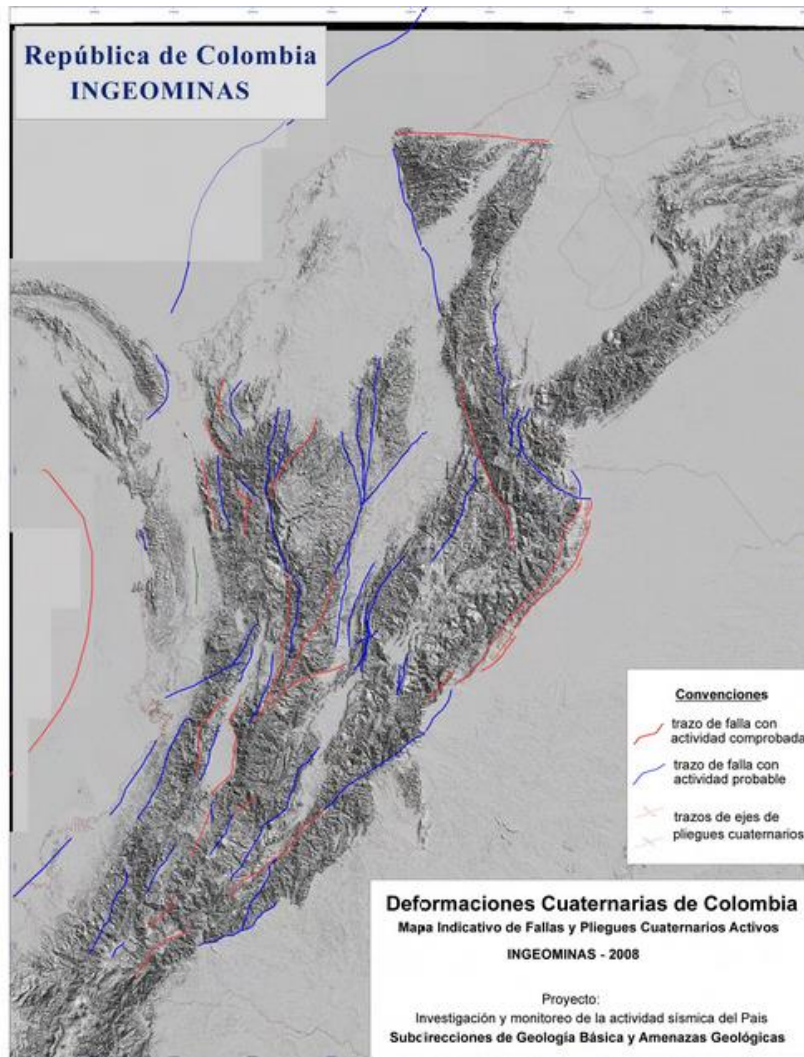


Ilustración 1 Caracterización sísmica del territorio nacional (INGEOMINAS, 2009)

En resumen, los sismos o terremotos son movimientos ondulatorios que se dan por la liberación de fuerzas y tensiones que se encuentran en la corteza terrestre; en general, fenómenos naturales causados por distintas fallas geológicas, al igual que por la actividad volcánica. Estos movimientos, de acuerdo con su magnitud, pueden llegar a causar daños en las edificaciones que no tienen una protección sísmo resistente. (Rojas, 2009)

Rojas, define el sismo resistencia como las propiedades que tiene las estructuras de las edificaciones para resistir la actividad sísmica con el fin de preservar la vida humana. De acuerdo con los criterios de construcción civil, en general, la sismo resistencia se consigue realizando una buena distribución de la estructura y el uso de materiales adecuados.

El análisis de las consecuencias de los sismos ocurridos en Colombia durante el último siglo arroja que los daños estructurales graves que se presentaron ocurrieron todos en edificaciones construidas antes de la vigencia del Decreto 1400/84; así mismo, se pudo comprobar que los edificios colapsados en ciudades del eje cafetero durante el sismo del año 1999 fueron construidos antes de 1984. De otro lado, se pudo comprobar también que la mayoría de los daños reportados durante este sismo ocurrieron en las fachadas y muros interiores de las edificaciones; es decir, en elementos no estructurales. Estos daños se presentaron tanto en edificaciones construidas antes como después de la vigencia del Código de sismo resistencia de 1984. Así mismo un gran número de víctimas fueron causadas por la caída de elementos no estructurales principalmente de las fachadas de las edificaciones. (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial-Norma NRS-10, 2017)

Concluye el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente que en general podría afirmarse que la reglamentación sismo resistente del año 1984 cumplió su cometido principal de evitar colapso y daño estructural grave de las edificaciones. Sin embargo, la normativa no acogió elementos no estructurales en su regulación, manteniendo el riesgo de vidas humanas ante un sismo. Con el fin de corregir esta situación, con el auspicio del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS, con la participación de un amplio número de profesionales de la ingeniería y la arquitectura, asociaciones gremiales y profesionales de la ingeniería, la arquitectura y la construcción y

funcionarios de las entidades del Estado relacionadas con el tema restauro la reglamentación de diseño y construcción sismo resistente, agregando un capítulo de elementos no estructurales para la siguiente versión de la norma.

La Norma actual entro en vigencia con la expedición por parte del Gobierno Nacional del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 - Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. No obstante, de la existencia de una norma moderna y exigente de sismo resistencia, la mayoría de las edificaciones construidas antes del año 2010 no cuentan con un diseño que se adecue a la norma NRS-10; muchas de estas edificaciones son necesario repotencialas con el fin de asegurar su adecuada protección sismo resistente para la protección de la vida humana. La adecuación de las estructuras a la norma se debe realizar de una forma, eficiente y lo menos invasivo posible.

De acuerdo con Beltrán, varias investigaciones demuestran que los refuerzos empleando materiales compuestos por fibras de carbono aumentan de manera considerable la capacidad de carga de los elementos estructurales, además que es una forma sencilla y práctica de reforzamiento estructural. (Beltran, 2011)

El proyecto busca determinar la viabilidad técnico-económica del uso de las fibras de carbono en el re-potenciamiento de las estructuras con el fin de adecuar las edificaciones construidas antes del año 2010 a la norma sismo resistente NRS-10.

Formulación del problema:

¿Es viable el uso de las fibras de carbono en el re-potenciamiento de las estructuras con el fin de adecuar las edificaciones construidas antes del año 2010 a la norma sismo resistente NRS-10?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Estudiar la viabilidad del uso de las fibras de carbono en el re potenciamiento de las estructuras con el fin de adecuar las edificaciones en Colombia construidas antes del año 2010 a la norma sismo resistente NRS-10.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la viabilidad técnica y legal del uso de las fibras de carbono en el re-potenciamiento de las estructuras, por medio de las ventajas y características de los materiales y las normas vigentes que rigen en el país.
- Determinar la viabilidad comercial del uso de las fibras de carbono en el re-potenciamiento de las estructuras a través de un estudio de la oferta, demanda, precio y plaza en el sector de la construcción.
- Determinar la viabilidad financiera del uso de las fibras de carbono en el re-potenciamiento de las estructuras de las edificaciones por medio de la evaluación financiera del proyecto.

3. Justificación

En general las técnicas de reforzamiento sísmico que se han desarrollado en las últimas décadas que siguieron a la introducción de nuevas disposiciones sísmicas y la disponibilidad de materiales avanzados son invasivas y costosas. Algunas de esas técnicas, son: Estructural post-tensado; Base aisladores, Amortiguadores suplementarios, Amortiguadores de masa sintonizados, Slosh tanque, Sistema de control activo, Adhoc de soporte estructural/refuerzo, Conexiones entre los edificios y de sus complementos de ampliación, Refuerzo exterior de la construcción de columnas de hormigón, y Elementos externos de soporte, entre otras (Pizarro, 2012). Todas estas técnicas tienen en común, la exigencia de intervenciones a profundidad en las estructuras de las edificaciones con altos niveles de inutilización de las instalaciones y en general grandes inversiones.

-De otro lado, como lo explica Beltran:

El sistema de reforzamiento con fibras de carbono es muy usado en la actualidad en elementos con fallas estructurales, debido a que es un sistema práctico, de fácil aplicación e instalación de los materiales que lo envuelven. Este tipo de reforzamiento es usado para mejorar las propiedades de flexión, corte, torsión y confinamiento de cualquier elemento estructural (Beltran, 2011).

Se conoce igualmente que los reforzamiento con platinas y telas fabricados con fibra de carbono ofrecen gran resistencia a la tensión aproximadamente 10 veces más que el acero convencional, que son refuerzos de bajo peso, libres de corrosión por ser un material sintético y de fácil instalación lo que permite intuir un material útil para realizar reforzamiento sísmico que mejoraría la inutilización de las edificaciones por largos periodos y los altos costos que tienen las técnicas convencionales.

De esta manera, la viabilidad del proyecto ayudaría a mejorar las prácticas de reforzamiento sísmico que hoy día se utilizan en la industria de la construcción para la adecuación de las edificaciones de antes del 2010 a la Norma NSR-10.

El estudio permitirá al autor ahondar en los asuntos técnicos, legales, comerciales y financieros de usar las fibras de carbono como una nueva técnica de reforzamiento sísmico como alternativa a las técnicas convencionales para la adecuación de las edificaciones a la norma NSR-10. Adicionalmente le permitirá hacer uso de la técnica de formulación y evaluación de proyectos de inversión como complemento práctico al estudio de la Especialización en Gerencia de Proyectos.

4. Limitaciones de la investigación

En general no se prevén limitaciones a esta investigación, no obstante el hecho que se trate de un proyecto académico que debe ser entregado en un corto tiempo hace que el estudio presente limitantes desde el punto de vista técnico, ya que habrá que trabajar con fuentes secundarias en la determinación de la viabilidad técnica del uso de la fibra de carbono como un elemento valido en el reforzamiento estructural y no estructural para la adecuación de las edificaciones a la norma sismo resistente NSR-10.

A largo plazo, el proyecto podrá ser estudiado utilizando fuentes primarias; es decir, determinando a través de un piloto si el uso de la fibra de carbono es viable para el reforzamiento sísmico de manera tal que las edificaciones queden cobijadas bajo la norma NSR-10. Este piloto permitirá también acercar más a la realidad el estudio financiero del proyecto.

5. Marco de referencia

5.1. Estado Del Arte

Para abordar el estado del arte inicialmente se hace referencia a lo que tiene que ver con la normativa sismo resistente vigente en el país en consideración a que este es el punto de partida de la propuesta ya que lo que se busca es adecuar las edificaciones de más de 8 años a la normativa vigente (NSR-10) en el país utilizando las fibras de carbono. Seguidamente se hace una revisión bibliográfica de las técnicas y prácticas constructivas que se utilizan tradicionalmente para el reforzamiento sísmico resistente de las estructuras de antes de vigencia de la norma NSR-10. Finalmente se revisan la literatura que hace referencia al uso de las fibras de Carbono en la construcción y en el reforzamiento de estructuras.

La normativa sismo resistente en Colombia a tenidos cambios significativos en los últimos años con el fin de adecuar la norma a los requerimientos del país buscando mejorar el fin de la protección que no es más que la preservación de la vida humana. El Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente Norma NSR-10, Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 hace una descripción extensa de la situación sísmica del país, caracterizando las diferentes regiones en sismicidad alta, media y baja. Adicionalmente hace un recuento de los episodios sísmicos ocurridos en el último siglo en el país y concluye sobre la necesidad de revisar la última versión la NSR-98, en consideración a que si bien se han mejorado la protección de las estructuras, sigue habiendo desprotección de los elementos no estructurales de las edificaciones, partiendo de esta conclusión el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial auspicio el trabajo desarrollado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS, con la participación de un amplio número de profesionales de la ingeniería y la arquitectura, asociaciones gremiales y profesionales de la ingeniería, la arquitectura y la construcción y

funcionarios de las entidades del Estado relacionadas con el tema quienes actualizaron la reglamentación de diseño y construcción sismo resistente, generando lo que hoy día se conoce como la Norma NSR-10 que ingresó en vigencia con la expedición por parte del Gobierno Nacional del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 - Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

En su portal “Alejandra Pizarro- técnica” Alejandra, hace una descripción detallada de las principales técnicas tradicionales que se utilizan en la práctica en el reforzamiento sísmico, entre otras describe: la Estructural pos tensado; Base aisladores, Amortiguadores suplementarios, Amortiguadores de masa sintonizados, Sloss tanque, Sistema de control activo, Adhoc de soporte estructural/refuerzo, Conexiones entre los edificios y de sus complementos de ampliación, Refuerzo exterior de la construcción de columnas de hormigón, y Elementos externos de soporte, entre otras. (Pizarro, 2012)

La aparición reciente y la acogida que han tenido en el sector de la construcción los materiales compuestos por fibras de carbono, especialmente para realizar reforzamientos preventivos y correctivos en estructuras de concreto reforzado, ha hecho que varios investigadores se preocupen de realizar estudios para optimizar su aplicación en la industria de la construcción; a continuación se relacionan los que se han encontrado en esta fase preliminar del proyecto, seguramente a medida que se avanza con la investigación se encontrarán otros que permitirán soportar el desarrollo del estudio y el análisis de los resultados que se encuentren.

En el escrito Criterios de diseño para refuerzo de estructuras con materiales compuestos con fibra de carbono, María Dolores Gómez y Juan A. Sobrino resumen los criterios básicos para el diseño de las estructuras en concreto reforzado con materiales compuestos en este caso Telas y láminas en fibras de carbono. (Sobrino & Gomez, 2003)

Por su parte, Darío Leonardo Barón en el escrito Mejoramiento de estructuras mediante el sistema de refuerzo de adhesión externa de cintas de FRP (polímeros reforzados con fibras) muestra los resultados del estudio del comportamiento de las estructuras reforzadas externamente con FRP. (Baron, 2004)

T. Hsu, W. Punurai, and Z. Zhang en el escrito Flexural and Shear Strengthenings of RC Beams Using Carbón Fiber Reinforced Polymer Laminates presenta los resultados del estudio del comportamiento de vigas en concreto armado, reforzadas con fibra de carbono con láminas en polímeros. (Hsu, Punurai, & Zhang, 2003)

Andrés Felipe Pérez Marín en Aplicación de nuevos materiales a soluciones de vivienda en Colombia, describe el uso de nuevos materiales (Fibras, tejidos, matrices, etc.) en el sector de la construcción con un costo-beneficio óptimo para su utilización. También busca romper el esquema de los sistemas constructivos tradicionales. (Perez, 2005)

En, Hacia la fibra de carbono en la construcción, Miravete describe como la fibra de carbono se viene utilizando en la construcción en dos líneas de trabajo: reparaciones e implantación en obra. La implantación en la obra civil está avanzando más despacio que la utilización en reparaciones debido al bajo coste de los materiales tradicionales, a la limitación de procesos de fabricación de estructuras de materiales compuestos y al conservadurismo de las normativas de edificación y obra civil en todos los países industrializados. (Miravete, 2001)

En el escrito, Uso de fibras de carbono como reforzamiento a flexión en vigas de concreto reforzado, Andrés Beltrán estudio el uso de materiales compuestos por fibras de carbono para aumentar la capacidad a flexión, mediante el estudio y análisis de vigas dispuestas en esta condición de falla. (Beltran, 2011)

En el artículo Reforzamiento estructural con fibra de carbono publicado por ConstruAprende en Ingeniería Civil (2007), se describen las características y usos de las fibras de carbono en el uso del reforzamiento de estructuras de edificaciones. El artículo es importante ya que se relacionan las guías de diseño de los principales países para el reforzamiento y rehabilitación sísmica. Entre otras se relacionan: Reporte Técnico No. 55 Concrete Society Committee, Reino Unido (UK), (2000). Federation Internationale du Beton. FIB-Bulletin 14 y FIB-Bulletin 35 Guías europeas internacionales (2001 y 2006, respectivamente), National Research Council, Italia, 2004, Seismic Rehabilitation of Concrete Structures, Japan Concrete Institute (2008), ACI 440.2R de Estados Unidos (2008), ACI 440.7R de Estados Unidos (2010), International Concrete Repair Institute, 2006, National Research Council, 2004 y la National Cooperative Highway Research Program, 2004

En conclusión, la utilización de materiales compuestos en el reforzamiento de las estructuras de las edificaciones es ya una realidad. Las ventajas que ofrece el uso de este tipo de materiales en comparación a las técnicas tradicionales son el bajo peso, elevada resistencia, reducidos tiempos de instalación y resistencia a la corrosión. No obstante, las desventajas que dificultan su aplicación hasta el momento son el elevado costo del material y la falta de información sobre su durabilidad y comportamiento a largo plazo, adicional a la falta de normativas y guías de diseño.

La desventaja del costo no debería ser, si se estudian sus usos a través de modelos financieros de largo plazo como debería hacerse ya que se trata de estructuras cuya vida útil sobrepasa varias decenas de años. De otro lado, las aplicaciones realizadas hasta la fecha y las investigaciones han demostrado la viabilidad de la utilización de FRP en el re-potenciamiento de las estructuras de pequeños y medianas edificaciones. No obstante, que en los últimos 20 años se

han realizado grandes avances en la aplicación de la fibra de carbono se debe seguir trabajando en la búsqueda de nuevas formas estructurales para aprovechar al máximo las características del nuevo material, sobre la durabilidad, las uniones adhesivas, métodos de fabricación económicos y desarrollo de normativa.

5.2. Marco Teórico

El desarrollo de este proyecto, clasificado como de ingeniería, requiere que se aborden tres temáticas particulares pero relacionadas: el diseño y análisis estructural que debe por supuesto incluir la interpretación y aplicación de las normas técnicas, la mecánica de los materiales utilizados para protección sismo resistente de las estructuras y la técnica de formulación y evaluación de proyectos. (Obs bussines school, 2018)

Las estructuras de las edificaciones deben ser diseñadas y construidas para que sean capaces de soportar las condiciones ambientales y geológicas durante la construcción y vida útil del inmueble. El análisis estructural consta de la determinación de las consecuencias de acciones externas sobre la totalidad o parte de la estructura con el fin de verificar el buen funcionamiento y estado de los elementos resistentes, “El objetivo de un sistema estructural es equilibrar las fuerzas a las que va a estar sometido, y resistir las solicitaciones sin colapso o mal comportamiento”. (Ecured, 2018) De otro lado, para el diseño estructural se deben crear modelos matemáticos que idealicen tanto la geometría de la estructura como su comportamiento bajo determinadas circunstancias; entre las cuales, obviamente se deben considerar las condiciones y exigencias en cuanto a sismo resistencia requeridas por las normas vigentes (Vasco, 2011) y de otro lado, las características de los materiales que harán parte de la estructura. La mayor dificultad en el diseño está en encontrar la forma más acertada de modelar la estructura, ya que su aplicación es la que permite dimensionar los componentes estructurales con el fin de

garantizar integridad de la solución estructural. Como lo expresa Vasco “La solución elegida debe ser viable desde el punto de vista funcional, que garantice el equilibrio, las dimensiones de los componentes estructurales deben ser aceptables para los espacios funcionales de la construcción al igual que para su economía” (Vasco, 2011). La solución debe asegurar ante el análisis y verificación detallados de la estructura que se cumplen las condiciones bajo las cuales fue diseñada con variaciones poco significativas. En resumen, el análisis y diseño estructural deberían servir para comprobar que la solución técnica se ajusta al objetivo del proyecto el cual es la utilización de la fibra de carbono en el reforzamiento sísmico de edificaciones con más de ocho años de construcción con el fin de adecuarlas a la norma NSR-10.

Un asunto importante que considerar en el proyecto debe ser la mecánica y resistencia de los materiales utilizados para ejecución o reforzamiento de las estructuras; en especial, es necesario hacer referencia a las características mecánicas de la fibra de carbono, que es el elemento que se propone para el reforzamiento de las estructuras de las edificaciones construidas antes del año 2011. (Rangel, 2011)

De otro lado, se debe aplicar la técnica de formulación y evaluación financiera de proyectos de inversión que abordan, aparte de los asuntos técnicos y legales, temas como el análisis del mercado, razón por la cual será necesario incursionar en la teoría del mercadeo, especialmente en lo que se refiere a la investigación de mercados, con el fin de contestar la pregunta si el producto que en el futuro se ofrecerá al mercado es atractivo para los usuarios al cual está dirigido tanto en sus características técnicas, como de costos. Adicional se debe recurrir a los fundamentos financieros: estructura de costos y financiera con el fin de determinar las bondades del proyecto para un futuro inversor; es decir, determinar la rentabilidad de la iniciativa. (Vega, 2006)

5.3. Marco Conceptual

Un concepto básico que es necesario comprender en este proyecto es la actividad sísmica y las consecuencias que esta tienen sobre las edificaciones. Entender el fenómeno y la caracterización sísmica del país es un elemento importante al momento de definir una protección para las estructuras que soportan las edificaciones. Como complemento de esto se debe estar en la capacidad de interpretar y aplicar la norma sismo resistente vigente en el país, es decir la NSR-10. (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010)

Se debe tener en cuenta como concepto fundamental del proyecto el diseño y análisis estructural ya que es a través de este que se determinará la viabilidad técnica de la solución propuesta; aquí también será necesario considerar el concepto de la mecánica y resistencia de los materiales, en especial la fibra de carbono.

En cuanto al estudio del proyecto, como tal, se debe considerar varios conceptos, aparte de los técnicos (Evaluación y pruebas mecánicas de los materiales, resultados de ensayos de eficiencia del producto, comparativos, entre otros) ya relacionados anteriormente, ellos son: el estudio de los mercados, la estructuración de los ingresos y egresos del proyecto, así como también los criterios de evaluación financiera del proyecto para determinar su viabilidad bajo este concepto.

Se debe considerar como concepto fundamental para la ejecución del proyecto, las propiedades físicas y químicas de la fibra de carbono, ya que es la materia prima esencial para prestar el servicio, así como también las características de material, con relación al peso y tamaño, para determinar el almacenamiento y transporte adecuado. (Carbosystem, 2018)

El adherente epóxico es el insumo necesario para unir la fibra de carbono, su composición incluye poliuretano, acrílico y cianoacrilato. Material de alta resistencia que soporta el calor y fuerzas físicas que se presentan en las construcciones. (Elizalde, 2014)

6. Marco metodológico

6.1. Tipo de investigación a desarrollar

El proyecto se abordará bajo varias posibilidades metodológicas, en lo técnico se recurrirá a la investigación documental y exploratoria, buscando en la literatura las posibilidades que brinda la fibra de carbono como material compuesto en el re-potenciamiento de las estructuras de las edificaciones con más de ocho años de antigüedad con el fin de adecuarlas a la Norma NSR-10.

En lo comercial se hará una combinación de investigación documental y un sondeo de opinión. En el primer caso se utilizará para determinar precios y posibilidades del suministro de la fibra de carbono en el mercado y a través del sondeo de opinión se determinará las posibilidades comerciales que tiene la solución para ser adquirida por el mercado de la construcción.

Para determinar la viabilidad financiera se recurrirá a una investigación documental que permita determinar precios, costos y la tasa de retorno que se debe utilizar en la evaluación financiera del proyecto.

6.2. Diseño de la investigación

Las variables que se consideraran en este proyecto son: las características mecánicas y resistentes de la fibra de carbón; el costo de la fibra y su instalación, precio de la venta de las soluciones de reforzamiento con fibra, demanda potencial de la solución, oferta de soluciones similares, costos de producción, de desarrollo, de comercialización y gastos de administración para la puesta en el mercado del producto; costo de financiación y de inversión para proyectos similares.

Diseño de la muestra: en general las fuentes para el sondeo de opinión que se plantea son los gerentes técnicos de las empresas constructoras que tienen dentro de su portafolio de productos el servicio de reforzamiento de estructuras con el fin de adecuar las edificaciones a la Norma NSR-10. Se toma como muestra a los gerentes técnicos ya que dentro de la empresa son ellos los que definen las técnicas y materiales que se utilizan en las soluciones que estas empresas ofrecen al mercado.

Las fuentes secundarias se recogerán en una base de datos y la información se sistematizará buscando determinar la viabilidad técnica del material de fibra de carbono como un material válido en el reforzamiento de las estructuras para adecuar las estructuras de las edificaciones a la Norma NSR-10. La demás información recogida por medio de rastreo bibliográfico se sistematizará en tablas, y en algún caso en un escrito que sintetice los hallazgos.

Por su parte el sondeo de opinión se hará a través de entrevistas estructuradas que busquen determinar experiencias previas con este tipo de soluciones, aceptación de la propuesta, alternativas de solución, precios estimados, entre otros asuntos. Como en el caso anterior los hallazgos se sistematizarán en tablas, y en escritos que muestren los resultados de la actividad.

7. Entrega, difusión y divulgación del proyecto

El proyecto en primera instancia será entregado a la Institución Universitaria ESUMER, donde podrá ser usado por estudiantes y docentes con fines académicos para el aprendizaje de todo aquel que lo requiera.

8. Usuarios potenciales y sectores beneficiados

El proyecto inicialmente se realiza con fines académicos, donde los principales usuarios serán los estudiantes y personas en general que deseen adquirir conocimientos específicos sobre el tema tratado. Además, de personas pertenecientes al sector de la construcción las cuales pueden obtener un apoyo para el desarrollo de proyectos de infraestructura o para la resolución de problemas prácticos.

9. Formulación del proyecto

9.1. Análisis sectorial

9.1.1. Composición del sector. El sector de la construcción en Colombia, el cual es de carácter público o privado, se divide en dos grandes subsectores: las edificaciones; las cuales congregan soluciones de vivienda, hospitales, centros de negocio, centros de salud, centros de comercio, entre otros; y las obras civiles de infraestructura, que en su gran mayoría pertenecen al sector público y satisfacen la construcción de mallas viales, viaductos, puentes, canalizaciones, embalses, entre otros.

En la construcción, y para cada tipo de proyecto según su magnitud y alcance se requieren de varios sectores para lograr que el propósito se desarrolle según lo planeado, para la cámara colombiana de construcción (Camacol) son los siguientes sectores:

Instalaciones eléctricas: El sistema eléctrico se compone de tres actividades principales: La generación, la cual se encarga de producir el servicio; el transporte, encargado de empalmar los centros generadores de energía (Plantas) con los centros de consumo, por medio de líneas a tensiones elevadas y subestaciones; y la distribución, encargada de suministrar el servicio a los consumidores finales, generalmente por cables subterráneos y los transformadores para reducir voltaje (Endesa Energy, 2017).

La cámara colombiana de construcción (Camacol, 2017) por medio de un comité de instalaciones eléctricas, estudia los reglamentos técnicos del sector eléctrico y su implicación en las construcciones civiles, además de la normativa vigente y certificados para los suministros e instaladores.

Elementos prefabricados: Los elementos prefabricados son aquellos que son ensamblados o contruidos en fábrica o una zona específica y posteriormente es trasportado al sitio de instalación. Estos presentan grandes ventajas a nivel mundial y debido a esto, han capturado un enorme desarrollo a nivel mundial. (Equipo ARQHYS, 2012)

Camacol reconoce a Concreto CPC, comité de prefabricados que se encuentra conformada por empresas del sector, las cuales representan a todas las empresas participantes de forma directa o indirecta en la producción de elementos prefabricados. El cual tiene como objetivo velar por el desarrollo de proyectos, potencializando el crecimiento del sector (Camacol, 2017).

Proveedores: En el sector de la construcción, los proveedores cumplen un papel fundamental debido a que en un proyecto de edificaciones u obras civiles se ejecutan una amplia variedad de actividades lo que conlleva a que se requiera un extenso catálogo de productos de diversos proveedores. Camacol cuenta con un comité que reúne las empresas comercializadoras de insumos para la construcción, la cual promueve el crecimiento de ventas a través del fortalecimiento del mercado. (Camacol, 2017)

El mercado cementero en Colombia está conformado por una estructura oligopólica, con tres principales empresas: ARGOS, perteneciente al sindicato Antioqueño, cumple la función de suministrar concreto premezclado y cemento en las obras en el país. Cementera número uno en Colombia y de las principales del continente; CEMEX, cementera mexicana la cual ha incursionado en el mercado colombiano y ha ganado participación; y HOLCIM, empresa suiza. (Domínguez, 2009).

El acero es otro de los principales materiales que se requieren en una obra sin importar si es un proyecto de edificación u obra civil. Algunos proveedores son: Ferrasa y Gerdau Diaco.

Otros proveedores necesarios en la construcción son: CONCRETODO, prefabricados en concreto (bloques, tuberías, box culvert y otros); ASFALTONE, telas y mantos asfálticos para impermeabilizaciones; CORONA, comercializadora de productos para el hogar (Cerámica, Porcelanato, Aparatos sanitarios, entre otros); PAVCO; tubería PVC para redes hidrosanitarias o eléctricas; SIKA; sellos elásticos, impermeabilizaciones, pisos industriales, entre otros; PINTUCO, tipos de pintura para diferentes superficies; GRIVAL, accesorios para redes hidrosanitarias (Válvulas, llaves, rejillas, mezcladores, duchas, entre otros); SILVANIA o PHILIPS, aparatos eléctricos para iluminación.

Supervisión técnica e interventoría: Factor fundamental en la ejecución de proyectos de construcción, debida a:

La Interventoría es la labor que cumple una persona natural o jurídica, para controlar, exigir y verificar la ejecución y cumplimiento del objeto, condiciones y términos de la invitación y las especificaciones del contrato, convenio, concertaciones celebradas por las entidades públicas dentro de los parámetros de costo, tiempo, calidad y legalidad, conforme a la normatividad vigente (Bonilla, 2011).

La interventoría, que a su vez acobija la supervisión técnica, es la encargada de supervisar la ejecución de actividades, según el tiempo y calidad definidos en el alcance del proyecto. Velando a su vez, por una correcta ejecución de los procesos constructivos. Por su parte, la supervisión técnica se encarga de avalar los procesos técnicos según la normativa vigente y diseños establecidos.

Camacol, en el comité de supervisión técnica e interventoría se encarga de implementar buenas prácticas para el sector de la construcción, discutir el manual de interventoría y supervisión técnica y la ley para vivienda segura (Camacol, 2017).

Seguridad ocupacional: La construcción representa una labor de alto riesgo para las personas que la ejercen, según cifras de Fasecolda, en el año 2013 se presentaron 542.406 accidentes laborales, dejando 750 víctimas fatales de los cuales el 36.8% son pertenecientes al sector de la construcción (Consejo Colombiano de seguridad, 2017).

El personal encargado de ejecutar las actividades de la construcción debe contar con las medidas de protección necesarias para minimizar el riesgo de accidentalidad en el trabajo (Botas de seguridad, casco, guantes, línea de vida, chaleco refractivo, entre otros) además de estar en perfectas condiciones psicológicas y médicas para la realización de trabajos en altura (FREMAP, 2017).

Contratista constructor: El constructor llamado en los pliegos de condiciones legales “Contratista” es el encargado de coordinar, planificar y ejecutar los proyectos de infraestructura o edificaciones que se le asignan según temas contractuales.

El constructor debe ejecutar los proyectos según el alcance solicitado, en el tiempo requerido y con la calidad exigida en las condiciones iniciales, con recursos humanos y materiales suficientes, los cuales pueden ser subcontratados según el requerimiento y la particularidad de la actividad con empresas especializadas en el tema para cada fin.

Las principales obligaciones del constructor son los siguientes: Cumplir con el alcance del proyecto; asignar el equipo de trabajo; realizar plan de manejos de residuos; realizar plan de seguridad ocupacional; responder y garantizar las actividades realizadas, sin concernir que sean

ejecutadas por subcontratistas; y suscribir las garantías según pliego de condiciones y normativa vigente. (Tirado, 2017).

En Colombia las empresas que han obtenido mayor crecimiento e ingresos en el mercado están relacionadas en gran parte por las inversiones del estado en las obras de infraestructura. Para el año 2014, CBI COLOMBINA ocupaba el primer puesto en ingresos operacionales, seguido de CONALVIAS, con ingresos cercanos a los \$963.450 millones de pesos y COLLIERS COLOMBIA, la cual estima para el año 2018 una cantidad de 3.400.000 metros cuadrados de zonas comerciales. (Rodríguez, 2015)

Por parte del sector de la edificación, las empresas con mayores ventas y crecimiento en Colombia son: Constructora Capital, Concreto, Constructora Colpatria, AR construcciones, Constructora Bolívar, Coninsa Ramón H, Ménsula, Arquitectura y concreto, Marval, entre otras.

9.1.2. Situación histórica del sector. El sector de la construcción desde el punto de vista técnico se divide en 4 etapas, desde el comienzo de la construcción hasta el año 1984, donde se implementa la primera norma sismo resistente que rige las edificaciones en el país, posteriormente un periodo desde 1984 hasta 1997 donde se realizan modificaciones a la norma debido a fallencias a causa de movimientos sísmicos que no contemplaba la norma, luego de 1998 hasta 2010 donde se realizan nuevas modificaciones y se implementa normativa adicional respecto a construcción sismo resistente de redes en edificaciones y finalmente del 2010 a la fecha donde todo proyecto de edificaciones se debe ejecutar según la norma vigente. (García, 2015)

La primera, hasta 1984 donde surge la primera norma sismo resistente, expedida por el congreso de la republica con el decreto 1400 del 7 de junio de 1984, “La creación del código de construcción en Colombia viene de una tragedia, el temblor de Popayán” (Garcia, 2015). Antes de la fecha en Colombia la construcción se desarrollaba de forma empírica o con conocimientos técnicos, pero sin una rigurosidad que permitiera que las estructuras cumplieran con unos requisitos mínimos de seguridad, puntualizando únicamente en elementos estructurales y portantes de carga (Garcia, 2015).

En los años previos a la implementación de la primera normativa para las edificaciones en Colombia, la economía en la región latina se sumergía en la “década perdida” una crisis que comenzó a finales de los años 70 y se agudizó por el endeudamiento de los países con la deuda externa. Colombia a pesar de que presento un comportamiento mucho más prudente, ostentó un crecimiento económico inferior al 1% para el año 1982, como el año de mayor decadencia de la década, aproximadamente 4 puntos por debajo del crecimiento promedio entre los años 1975 y 1980 (5.4%). Para así, registrar un crecimiento promedio en el periodo de recesión de 2.2% (Ocampo, 2017).

Un año después de ser aceptado el decreto de Ley 1400 del 7 de junio de 1984, el sector económico del país había entrado en punto de equilibrio interno, fundando confianza ante la comunidad financiera internacional “en 1986, al tiempo que la economía experimentaba por primera vez en la década tasas de crecimiento superiores al 5%” (Ocampo, 2017). Con esto, comenzó la bonanza del sector en el país, cafetero, bananero, construcción, entre otros.

Para el año 1991 la constitución política también llamada carta magna, es modificada drásticamente luego de durar más de 100 años sin ser modificadas. (Constitucion politica de Colombia, 2017). Lo que trajo consigo modificaciones legales en los derechos y deberes de los

ciudadanos colombianos, modificando temas contractuales y de contratación del recurso humano para la ejecución de actividades relacionadas con la construcción.

Por su parte, la economía en el país para finales del año 1990 y principios de 1991 presenta una devaluación de la moneda lo que forjó una aceleración de la inflación. Estas causas conllevaron a tomar medidas por parte del estado. “Esto llevó a la adopción de un severo programa de ajuste en 1991, que incluyó una contracción del crédito interno, la intervención masiva del Banco de la República, a través de Operaciones de Mercado Abierto (OMA)” (Ocampo, 2017). El programa logró el objetivo principal de reducir el aumento de la inflación, lo que trajo consigo un descenso en los precios del producto, además de bonanzas del gasto y apertura de las importaciones.

Para el año 1998, según el decreto de Ley 400 de 1997 se modifica la norma sismo resistente de Colombia, teniendo en cuenta que los elementos de las edificaciones que no hacen parte del conjunto estructural también deben ser construidos bajo parámetros sismo resistente, los cuales no se tenían contemplados en la norma vigente hasta la fecha.

En agosto de 1998, Colombia se ve sacudido por una fuerte crisis económica, la cual se extendió hasta finales de 1999 y fue la más fuerte del siglo 20. La causa comenzó en el sureste de Asia a mediados de 1997, cuando Tailandia tuvo un colapso financiero y rápidamente este se propago por los países vecinos (Malasia, Taiwán y Corea del sur), luego a los países europeos y finalmente el impacto se vio reflejado en América Latina. Según la CEPAL “en 1999 el crecimiento económico se contrajo en Argentina (-3,4%), Chile (-0,8%), Ecuador (-6,3%), Venezuela (-6,0) y Colombia (-4,2%)” (Portafolio, 2009). Debido a la crisis, la inversión extranjera en el país se vio mermada lo que impacto negativamente el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura y edificaciones en la región, lo que tuvo como consecuencia el

aumento del desempleo, debido a la cantidad de personas que viven del sector de la construcción. (Portafolio, 2009).

A partir del año 2001 se evidencia una etapa de recuperación económica frente a la crisis de años anteriores. Uno de los aspectos de mayor influencia es el aumento en la inversión de capital, debido en gran parte a la confianza generada por la política de seguridad democrática en el año 2002, además del crecimiento de la economía mundial.

El nuevo milenio trae consigo un periodo de prosperidad, ya que:

“En los años de recuperación de la economía posteriores a la crisis de finales de los noventa, todas las ramas presentaron crecimientos positivos y moderados, con excepción del sector de Minas y Canteras, el cual decreció 7.2% y 2.4% en 2001 y 2002 respectivamente. Durante estos dos años, los sectores financieros, transporte y comunicaciones, comercio y construcción fueron los más dinámicos” (Ministerio de protección social, 2009).

El sector de la construcción generó mayor inversión en maquinaria, edificaciones y acondicionamiento de edificaciones con un crecimiento promedio del 9.2%, como se muestra en la ilustración 2 donde los sectores más representativos en el crecimiento son la construcción, comercio y transporte.

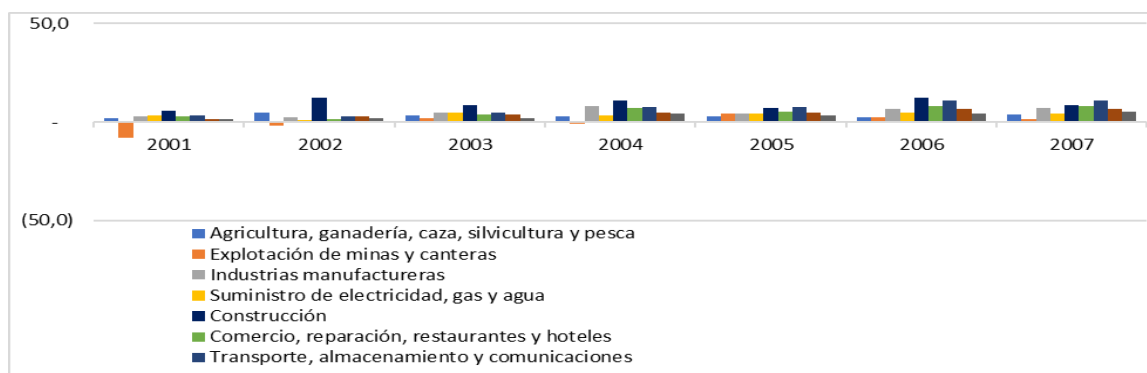


Ilustración 2 Sectores económicos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2011)

Tabla 1 Sectores de la economía colombiana.

PIB - sectores de la economía	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Prom.
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca.	1,8	4,6	3,1	3	2,8	2,4	3,9	3,1
Explotación de minas y canteras.	-8,3	-1,8	1,7	-0,9	4,1	2,4	1,5	-0,2
Industrias manufactureras.	2,9	2,1	4,9	7,9	4,5	6,8	7,2	5,2
Suministro de electricidad, gas y agua.	3,2	0,8	4,5	3,5	4,1	4,8	4,1	3,6
Construcción.	5,5	12,3	8,3	10,7	6,9	12,1	8,3	9,2
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles.	2,9	1,5	3,7	7,1	5	7,9	8,3	5,2
Transporte, almacenamiento y comunicaciones.	3,3	2,8	4,5	7,6	7,8	10,8	10,9	6,8
Establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas.	1,2	3	3,9	4,6	5	6,4	6,8	4,4
Actividades de servicios sociales, comunales y personales	1,3	1,7	2	4,1	3,5	4,4	5	3,1

Nota. Obtenido del instituto nacional de estadística (DANE, 2017)

La economía colombiana continúa en crecimiento hasta el año 2009, donde comienza un decrecimiento, registrando un PIB de 1,7% para finales del año. Esta decadencia que se veía anunciando desde 2007 fue efecto de la crisis externa como lo afirma Mesa. (Mesa, 2009)

En 2009, Estados Unidos consolidó su recesión reflejada en la fuerte caída del consumo y la inversión, además de la disminución de la inflación. El PIB experimentó en la primera parte del año un descenso sin precedentes durante las últimas décadas, el consumo de los hogares y los índices de desempleo sufrieron depresiones nunca vistas.

La recesión económica norteamericana tuvo su final en el año 2011, donde comienza una nueva etapa de crecimiento económico reflejado en Colombia.

En el año 2010, se modifica por última vez la norma sismo resistente colombiana, principalmente en los siguientes aspectos: cambian los espectros de diseños sísmicos, mapa de amenaza sísmica, coeficientes F_a y F_v para los suelos, aumento en los coeficientes de importancia en los 3 y 4, coeficiente de disipación de energía, entre otros (Enrique, 2011). La implementación de la nueva normativa no tuvo mayor impacto en el crecimiento de la economía del sector, el cual tiene un incremento de 8,2% en el PIB para el año 2011 con respecto 5,3% en el PIB que se obtuvo en el año 2009 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2011).

A partir del año 2011, hasta el año 2016 el país entra en un periodo de decrecimiento económico, pasando de un PIB de 6,6% a 2,0%. Principalmente por la caída de las importaciones del sector manufacturero; Vehículos (-52%) y Hierro (-50%). La depreciación de la tasa de cambio ha sido detonante del bajo desempeño. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2011).

9.1.3. Situación actual del sector. El entorno macro económico en Colombia desde el año 2011 presenta un periodo de decrecimiento constante, pasando de un PIB del 6,6% para el año 2011 hasta caer al 2% para el año 2016. Principalmente un efecto a la disminución del precio el

petróleo, devaluación del peso colombiano con respecto al dólar estadounidense y la crisis económica que existió en Estados Unidos al comienzo de la época.

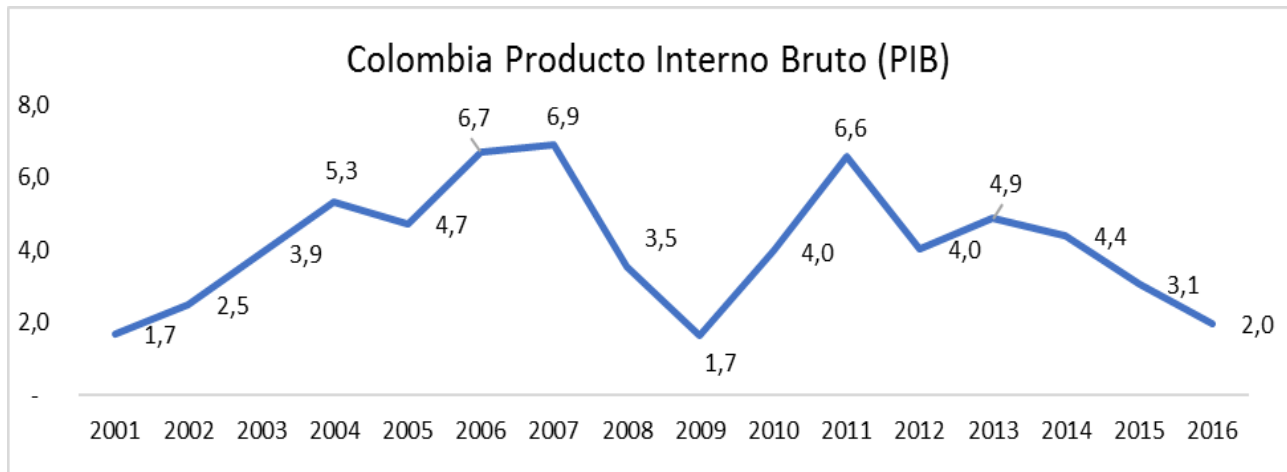


Ilustración 3 Producto interno bruto (PIB) Colombia (DANE, 2017)

A pesar de la desaceleración en el crecimiento del producto interno colombiano, el sector de la construcción presenta un desempeño aceptable. Así lo demuestra el DANE en la siguiente tabla del comportamiento de los diferentes sectores económicos del país:

Tabla 2 Sectores de la economía 2011-2016

PIB - SECTORES DE LA ECONOMÍA	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Prom.
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca.	2,1	2,5	6,5	2,7	2,5	0,5	2,8
Explotación de minas y canteras.	14,5	5,3	5	-1,2	0,2	-6,5	2,9
Industrias manufactureras.	4,7	0,1	0,9	1	1,7	3	1,9
Suministro de electricidad, gas y agua.	3	2,3	3	3,4	3	0,1	2,5
Construcción.	8,2	5,9	11,5	10,3	3,7	4,1	7,3
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles.	6,7	3,9	4,5	5	4,6	1,8	4,4
Transporte, almacenamiento y comunicaciones.	6,6	3,9	3,3	4,6	2,6	-0,1	3,5
Establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas.	6,7	5,1	4,6	5,8	5,1	5	5,4
Actividades de servicios sociales, comunales y personales.	3,1	4,6	5,9	5,2	3,1	2,2	4

Nota. Obtenido del instituto nacional de estadística. (DANE, 2017)

El sector de la construcción para el año 2013, presentó un crecimiento en el PIB de 11,5% y finalizó con un promedio entre el año 2011 y 2016 con un PIB de 7,3%, ratificando la importancia de la construcción para la economía del país, siendo el sector con un mejor desempeño para el periodo de desaceleración en la economía del país. Según el análisis macroeconómico y sectorial del banco de occidente. (Banco de occidente, 2016)

El sector de la construcción se aceleró hacia crecimientos del 5.8% anual (vs. 0.3% un año atrás), ubicándose como el sector con mejor desempeño en la economía colombiana durante dicho período. Ello estuvo apalancado en el buen comportamiento exhibido por las edificaciones (11% en el tercer trimestre de 2016 vs. -8% un año atrás), las cuales lograron contrarrestar el debilitamiento observado en las obras civiles (1.9% vs. 7.3%) (Banco de Occidente, 2016).

En contexto con los datos presentados por el departamento administrativo nacional de estadística, las principales causas que impulsaron el crecimiento del sector fueron las políticas establecidas por el gobierno de turno para subsidiar la compra de una casa propia: “MI CASA YA-AHORRADORES” la cual está terminada en 90%, favorece a las personas con ingresos inferiores o iguales a 2 salarios mínimos; “MI CASA YA-CUOTA INICIAL” y “MI CASA YA-SUBSIDIO A LA TASA” las cuales van dirigidos a personas las cuales su salario oscila entre 2 y 8 salarios mínimos (Clase media) ha impulsado la demanda y por consiguiente la oferta de viviendas nuevas. Además de vivienda también se colocaron en marcha otros proyectos de comercio, oficinas y bodegas que hacen parte de licencias otorgadas tiempo atrás. La construcción hotelera y corporativa en cambio tiene una moderación en el crecimiento, la cual es positiva según expertos por la sobre demanda en el sector. (Florez, 2016)

A pesar del buen comportamiento del sector, la producción de concreto y despachos de cemento presentaron una caída del 1.6% para agosto del año 2016 con respecto al mismo mes del año anterior. Debido principalmente al paro de transportadores que dificultó el insumo de estos productos a los proyectos de construcción (Florez, 2016).

9.1.4. Perspectiva del sector. La cámara colombiana de construcción Camacol prevé un crecimiento cercano al 4,4% para el subsector de las edificaciones, la cual agrupa vivienda, comercio, bodegas y oficinas. Esta proyección se realizó sin tener en cuenta la reforma tributaria

que comenzó a regir en el país a partir del 1 de enero de 2017 la cual tendría un gran impacto principalmente por la expectativa de los inversionistas al comportamiento del mercado, siendo así, el panorama no sería tan positivo y por el contrario se estaría hablando únicamente de un crecimiento cercano al 1%. (Gabriel Florez, 2016).

Por otro lado, se espera que el subsector de edificaciones reciba un impulso por el gobierno, implementando una nueva etapa de las políticas de subsidio de vivienda que se venían efectuando hasta el año anterior (Mi casa ya-cuota inicial, Mi casa ya-subsidio a la tasa y Mi casa ya-ahorradores), las cuales contribuirían con 2 puntos adicionales al crecimiento que se prevé, según el análisis macroeconómico y sectorial (Banco de occidente, 2016). Algunos factores que debilitarían el sector de las edificaciones sería: La burbuja hipotecaria el efecto desfavorable de las tasas de interés del año 2016, y la disminución de los recursos del estado para el subsidio a la vivienda. (Banco de occidente, 2016).

Las obras civiles de infraestructura mantendrían un crecimiento desacelerado para el periodo 2016 de 1,9% anual, debido principalmente a la poca ejecución de proyectos en los tres primeros trimestres del año de los gobernantes electos. Para los años siguientes se proyecta un crecimiento del sector, 6,1% para el periodo 2017, principalmente por la ejecución de proyectos de alto impacto en la comunidad: las vías 4G, “comprende una dimensión en inversión de cerca de \$47 billones y más de 30 proyectos” (Rivera, 2017); “hidroeléctricas como hidroitango, puerto de Urabá y readecuación de los aeropuertos de Rionegro, Bogotá y Cali” (Rivera, 2017).

9.1.5. Conclusión análisis sectorial. El sector de construcción es un pilar fundamental en el comportamiento económico del país, impulsando el crecimiento de otros sectores debido a la diversidad de herramientas y suministros que son usados en los diversos proyectos de construcción.

La normativa sismo resistente colombiana NSR 84, la cual luego fue modificada en el año 1998 y posteriormente se modificó en 2010 por la NRS-10, como última versión. Es puesta en marcha con el fin que las edificaciones en el territorio colombiano cumplan unos parámetros mínimos para que sean seguras ante un sismo.

La mayoría de los insumos y maquinaria de la construcción; acero, aluminio, equipos y materiales usados en los acabados, son importados. Esto implica que los movimientos económicos que se presenten en el exterior o crisis que sucedan como la asiática o estadounidense que se presentaron en los años 1997 y 2008 respectivamente, tengan un impacto directo en la economía colombiana precisamente en el sector de la construcción e indirecto por la inversión extranjera que se puede ver mermado.

Según el planteamiento realizado por el economista Michael Porter en 1979, existen cinco fuerzas fundamentales basadas en la gerencia estratégica para determinar las consecuencias de rentabilidad a largo plazo de un mercado o segmento de este. En este caso la repotenciación de estructuras pertenecientes al sector de la construcción.

La amenaza al ingreso de nuevos competidores en la repotenciación de estructuras con fibra de carbono es complicada, debido principalmente a la falta de conocimiento en los contratistas y empresarios en el uso de materiales innovadores para la construcción en Colombia. En el país únicamente existe una empresa llamada YJINGENIERIA con capacidad para realizar el 100% del proceso de la actividad de repotenciación de estructuras existentes.

En Colombia existen dos proveedores encargados de importar la fibra de carbono para la repotencian de estructuras; SIKA y TOXEMENT dos empresas con un musculo financiero amplio, además la materia prima es costosa e indispensable e irremplazable para el uso del

proyecto. Condición desfavorable en el mercado debido principalmente al poco o nulo poder de negociación que se tiene con los proveedores en el suministro de la materia prima, estado sujeto a: Precio de venta, suministro, plazo de pago y compensaciones.

Mientras con el manejo de los proveedores se presentan condiciones desfavorables para el proyecto, el poder de negociación con los clientes es atractivo, principalmente porque las constructoras o encargados de realizar proyectos de construcción no se encuentran debidamente organizados, existen empresas grandes como CONCRETO, CONINSA, ARQUITECTURA Y CONCRETO, entre otras, con una organización en la calificación de contratistas y existen pequeñas y medianas constructoras que no las tienen. Indiferente de esto, cada cliente maneja sus bases de datos y realiza las contrataciones por su experiencia particular. Para la repotenciación de estructuras existen soluciones diferentes a la presentada en este proyecto, pero la selección de la alternativa se limita principalmente al tiempo de ejecución, recomendación del ingeniero calculista y en un segundo plano al presupuesto, debido a que normalmente es una actividad que se debe realizar impajaritable.

Los productos sustitutos ante la fibra de carbono como método para la repotenciación de estructuras presentan una gran desventaja debido a que normalmente los materiales de construcción tradicionales usados en otras alternativas (Concreto y acero) son pesados, de difícil manejo y por lo general de implementación lenta y sucia. Mientras la fibra de carbono por ser un material liviano y de alta dureza es rápido de instalar y el proceso de implementación es limpio. Pero como se mencionó anteriormente, a pesar de que existen procesos sustitutos en muchos casos la implementación de uno u otro se encuentra ligado a las condiciones técnicas de reparación o al tiempo que, en este caso, aventajaría el proyecto presente.

La fibra de carbono como repotenciación de estructuras, es un método relativamente nuevo en nuestro país y las personas encargadas de tomar la decisión de implementar la alternativa, en su gran mayoría no conocen las propiedades, por ende, el mercado para este producto es potencial. Debido a que en la actualidad no existe mucha demanda, no hay una rivalidad entre competidores que regulen el precio de venta, por el contrario, el mercado se comporta con una figura monopólica.

9.2. Análisis del mercado

9.2.1. Descripción del servicio. La aplicación de la fibra de carbono en la repotenciación de estructuras surge principalmente por las propiedades mecánicas del elemento y su bajo peso específico. Generando mayores beneficios para las edificaciones y para los procesos constructivos.

La repotenciación de elementos estructurales o no estructurales con fibra de carbono se debe hacer en el sitio de la edificación, debido a que estos son fijos en el conjunto de elementos y por ningún motivo se deben desprender ya que podrían debilitan la estructura existente. Por estas razones, se debe trasportar el material necesario (Fibra de carbono, adhesivo y herramienta menor), el cual se puede movilizar en una pequeña camioneta conjunto con el equipo de trabajo para la ejecución de la actividad en sitio.

Para realizar con la repotenciación se debe: Regular la superficie a tratar, la cual puede ser con un mortero estructural o mortero común de baja resistencia (7MPa); aplicar una mano de adhesivo epóxico sobre la superficie del elemento; colocar la fibra de carbono sobre el elemento a intervenir cubriendo la totalidad de la superficie; aplicar una nueva mano de adhesivo epóxico; y por último repetir el proceso según el requerimiento del diseñador estructural.

La materia prima principal del servicio es la fibra de carbono, la cual es un material polimérico compuesto formado por átomos principalmente de carbono que, unidos entre sí, forman fibras de 50 a 100 micras de tamaño, las cuales se alinean para formar hilos de carbono que unidos en forma de costura generan tejidos de alta resistencia.

En 1960 en Akio Shindo, Japón. Se produjo uno de los primeros acercamientos a la tecnología que tenemos hoy en día, a partir del poli acrilonitrilo (PAN) el cual contenía aproximadamente 55% de carbono. Este compuesto comenzó a usarse comercialmente en el año 1963 en el reino unido para la fabricación de aeronaves por la empresa Roll-Roys.

Posteriormente, se experimentaron con otros productos que fueron mejorando el porcentaje de carbono en la fibra, que a su vez mejoraban las propiedades del producto lo que conllevó a que fuese implementado para otros usos como la; Carrocería de vehículos, barcos y aviones, equipos médicos, equipos espaciales, bicicletas y patines, reforzamiento de estructuras, entre otros.

(Mariano, 2011)



Ilustración 4 Presentación del tejido de fibra de carbono (Tecnoav, 2012)

9.2.2. Usos. La fibra de carbono en la repotenciación de estructuras tiene varios usos y el debido manejo depende principalmente de las necesidades de cada edificación, se pueden presentar

varios escenarios para tener la obligación de realizar una intervención en una edificación:
(Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorio, 2010).

- **Modificación en los códigos normativos:** Se pueden presentar edificaciones que en su momento se diseñaron y se construyeron correctamente, pero debido al cambio de la norma sismo resistente en el país se deben intervenir. Esta intervención se puede realizar con encamisados en fibra de carbono de los elementos estructurales de la edificación (columnas y vigas) y así aumentar la rigidez del elemento.
- **Errores de diseño y construcción:** inicialmente las estructuras se construyen basadas en unos cálculos y planos estructurales que son avalados por un especialista en esta tarea. En alguno de las dos etapas se pueden presentar fallas que se deben corregir. Esta intervención puede ser puntual o general y se debe aumentar la resistencia de un elemento X estructural.
- **Problema de degradación:** Las estructuras con el transcurso del tiempo y dependiendo del uso que se le dé, pueden tener desgaste que debilita el comportamiento estructural del elemento. El uso de encamisado del elemento con fibra de carbono permite que el elemento alcance una resistencia superior o igual a la inicial.
- **Adiciones estructurales:** Edificaciones que fueron diseñadas y construidas basadas en unas especificaciones y posteriormente se realizaron adiciones (Pisos, maquinaria, equipos, entre otros) que aumentaron las cargas en los elementos estructurales, se deben repotenciar para aumentar la resistencia.
- **Cambio de uso:** Según la norma sismo resistente colombiana existe un coeficiente de importancia dependiendo del uso que se le va a dar a la edificación, en el grupo IV se encuentran las edificaciones indispensables que deben ser funcionales incluso luego de

un sismo (hospitales, estaciones de transporte, edificaciones que manipulen químicos o tóxicos, centrales eléctricas, plantas de tratamiento de agua, entre otras), en el grupo III se encuentran las edificaciones con atención a la comunidad como estación de bomberos, policía, guarderías, colegios, universidades, entre otros. Para el grupo II, edificaciones especiales como edificios gubernamentales o donde se congrega gran cantidad de personas y en el grupo I, todas aquellas que no hacen parte de las otras categorías. En caso de que se realice un cambio en el uso de una edificación ya construida se debe realizar el diseño estructural de la repotenciación como lo especifica la norma sismo resistente colombiana, con un factor de seguridad en el dimensionamiento de elementos acorde al coeficiente de importancia mostrado en la tabla A.2.5-1 de la NRS-10.

Tabla 3 Coeficiente de importancia de edificaciones

Grupo de uso	Coeficiente de importancia
IV	1,50
III	1,25
II	1,10
I	1,00

- Repotenciaciones no estructurales: Debido a sismos o deterioros, la mampostería se puede ver debilitada. El uso de elementos estructurales con sistema compuesto con láminas o barras de carbono pueden ayudar a repotenciar los elementos sin necesidad de ser invasivos.

9.2.3. Usuarios. Los diseñadores estructurales del sector, son los encargados según los análisis que desarrollen, de definir si las edificaciones se deben repotenciar y en muchos casos son los

encargados de definir metodos a implementar (engrose de seccion en concreto, soporte en estructura metalica, encamisado de fibra de carbono u otro) pero en ninguno de los casos es el encargado de definir la empresa encargada de hacer el trabajo.

Para la definicion y realizacion de los contratos de la empresas encargada de repotenciar las edificaciones según los diseños del ingeniero calculista estan las empresas constructoras; CONCRETO, CONINSA, ARQUITECTURA Y CONCRETO, BIENES Y BIENES, EYD, CONSTRUCTURA COLPATRIA, entre otras. Encargadas de ejecutar y desarrollar los proyectos según los diseños suministrados por el ingeniero calculista y el alcance del mismo, limitado por el dueño o inversionistas. Ademas, encargadas de llevar un control a las actividades realizadas y manejar un criterio final para la toma de decisiones con respecto al “producto a comprar”, es decir los clientes directos.

Los inversionistas o dueños del proyecto son los encargados de suministrar el monto necesario para la ejecucion del proyecto y son los encargados de definir cual es la empresa encargada de realizar la actividad de repotenciacion cuando no se tiene un constructor por administracion delegada para el desarrollo del proyecto. En su defecto, simplemente expresarian opiniones o recomendaciones para proceder.

En conclusion, los clientes para un proyecto de repotenciacion de estructuras estarian definidos asi:

- Ingenieros Calculistas: Encargados de determinar la metodologia a usar.
- Constructor: Delegado de definir y contratar la empresa encargada de realizar la intervencion de repotenciacion. Es quien paga, supervisa y avala.

- Inversionista o dueño: Opina y sugiere sobre procedimientos mientras exista una empresa constructora, en su defecto cumple funciones de constructor (contrata, paga y supervisa).

9.2.4. Presentacion y composicion. El servicio a prestar es la repotenciacion de estructuras (columnas y vigas) y elementos no estructurales con el material compuesto de fibra de carbono.

Se requiere de:

Materia prima, necesaria para la ejecucion de la actividad o el servicio a prestar:

- La fibra de carbono, la cual viene en tejidos, los cuales se pueden conseguir en el mercado en presentaciones desde 300g/m² hasta 600g/m²; laminas, las cuales vienen en una presentacion de 1.2 hasta 1.4mm en el espesor y de 50mm hasta 120mm en el ancho; y barras, las cuales pueden ser delgadas con una superficie de 28mm² hasta 803mm² según sea necesario. El suministro es por medio de importacion, la empresa Italiana SIREG es una de las encargadas de la manufactura.
- Adherente estructural, necesario para generar enlases entre la fibra de carbono y elemento existente, se consiguen en el medio con proveedores como SIKA o TOXEMENT.
- Cemento tipo 1, necesario para nivelar elementos existentes (elemento adicional). Los principales proveedores son ARGOS y CEMEX.

Tambien se requiere de mano de obra calificada para la aplicación del producto y la ejecucion de la actividad, ademas de una supervision para garantizar la calidad del servicio según los requerimientos tecnicos entregados.

El producto final, son elementos estructurales o no estructurales que cumplen con la norma sismo resistente de colombia según las especificaciones tecnicas y de diseño requeridas.

9.2.5. Características físicas. La fibra de carbono es un material polimérico, es decir, que presentan una estructura y morfología compleja de tipo macromolecular conformados en su gran mayoría por átomos de elementos no metálicos (Carbono) unidos por enlaces covalentes, (Hernandez, 2011). De color negro o gris oscuro con una textura rugosa y flexible.

La fibra de carbono presenta una elevada resistencia mecánica, con un módulo de elasticidad (El cual determina el límite elástico de un material ante la aplicación de una carga) cercano los 208 GPa, el cual si lo comparamos con otros materiales de construcción como el acero y concreto los resultados son positivos, siendo similar al módulo de elasticidad del acero y superior al del concreto por más de 4 veces. Además, ante la aplicación de una fuerza a tracción, la cual es la que experimenta un cuerpo cuando se ve sometido a dos fuerzas opuestas, la fibra de carbono tiene una resistencia cercana a los 3000 MPa.



Ilustración 5 Repotenciación con fibra Bloque 10B UPB. Recubrimiento con fibra de carbono de la columna a intervenir.

Con respecto a la relación entre la masa y el volumen, la fibra de carbono tiene una densidad de 1.750 kg/m³, mucho menor al acero que cuenta con una densidad de 7850 kg/m³ y del concreto con 2400 kg/m³, lo que hace que sea un material liviano y por ende no requiera equipos especiales para ser aplicada ni transportada.

Debido a que es un material Polimérico (No metálico) es resistente a la corrosión, además por su alta resistencia y bajo peso hace que sea imperceptible, generando que no sea necesario modificaciones arquitectónicas ante la aplicación.

Tabla 4 Propiedades de la fibra de carbono

Propiedades físicas de la fibra de carbono		
Color	Negro	
Tipo de material	Polimérico	
Resistencia a la corrosión	Cumple	
Conductividad térmica	Baja	
Conductividad eléctrica	Media	
Densidad	1.750	Kg/m ³
Módulo de Young	208	Gpa
Resistencia a la tracción	3000	Mpa

9.2.6. Sustitutos. Los servicios sustitutos son aquellos con los cuales se pueden satisfacer las mismas necesidades que cubre la repotenciación con fibra de carbono o necesidades similares con otros productos o procedimientos de realizar la intervención.

Repotenciación con concreto reforzado. La repotenciación de elementos estructurales con concreto reforzado se da ante las mismas circunstancias que se puede dar cuando se realiza

repotenciación con fibra de carbono. Elementos con resistencia inferior a la diseñada, cambio de uso según NRS-10, ampliación y aumento de carga al elemento, desgaste o ajuste a la norma sismo resistente colombiana.

El proceso correcto para realizar la repotenciación con concreto reforzado, es inicialmente ubicar los elementos que deben ser intervenidos según observaciones y planos realizados por el diseño estructural. Luego se deben abujardar los elementos con el fin de generar adherencia entre los elementos antiguos y los futuros a colocar, como se muestra en la imagen.



Ilustración 6 Abujardada de columna para aplicar adherente concreto-concreto obra Art Living

Luego de tener el elemento abujardado correctamente se debe perforar el elemento según diseño estructural y con resinas epóxidos incrustar el acero de refuerzo con el despiece de las barras apropiado.



Ilustración 7 Colocación de acero de refuerzo en columna de repotenciación obra Art Living

Posterior a estos procesos, se debe diseñar una formaleta (metálica, en madera, plástica, entre otros) o contratar un proveedor especialista en encobrados de elementos en concreto para encamisar el elemento.

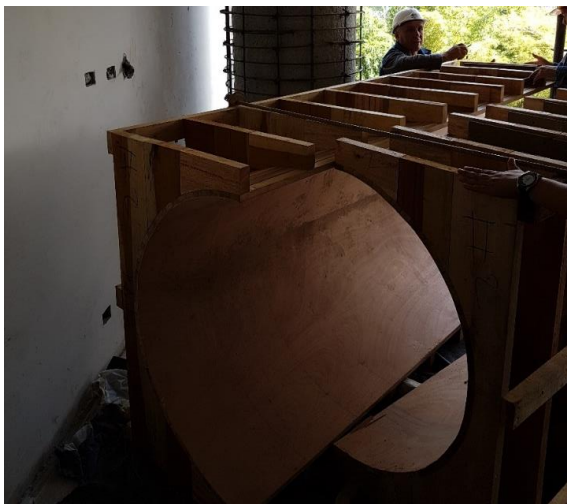


Ilustración 8 Instalación de formaleta en madera obra Art Living

Cuando se tiene el elemento encamisado con la formaleta se debe proceder a vaciar el elemento con concreto, generalmente fluido para evitar que se formen burbujas de aire dentro de él y la resistencia no cumpla con los parámetros de diseño. Si el elemento trabaja a compresión como una columna, se puede retirar la formaleta un día después de ser vaciada y se debe curar el elemento con agua constante, por el contrario, si el elemento trabaja a flexión como una viga, la formaleta se debe dejar de 3 a 7 días o hasta que el concreto alcance un 70% de su resistencia final.



Ilustración 9 Concreto vaciado y proceso de retirar obra falsa-Art Living

Con este proceso finaliza la repotenciación de elementos estructurales con concreto reforzado, este método presenta ventajas y desventajas con respecto a la fibra de carbono.

Ventajas: La repotenciación con concreto reforzado cuenta con materiales económicos, además el personal para realizar el trabajo puede ser el mismo que se encarga de realizar estructuras, por esta razón no es costosa la mano de obra y se puede conseguir fácilmente en la obra que se requiera.

Desventajas: La repotenciación en concreto reforzado por lo general es ampliamente invasiva, es decir, que en el proceso de ejecución de la actividad se ven afectadas otras áreas o elementos que no son intervenidos, si la actividad se realiza en un apartamento terminado, el piso, el cielo, muros, carpintería, ventanería y/o otros elementos se pueden deteriorar, si se realiza en una edificación ocupada, se debe desalojar y retirar los bienes muebles.

Además, el proceso requiere de varios subprocesos, los cuales por las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que son usados, más el trabajo artesanal que se requiere hacer por parte de la mano de obra, hacen que el trabajo sea lento y de total cuidado.

Por ser necesario ampliar las secciones de los elementos para que el proceso de repotenciación con este método sea eficiente, se pierde espacio libre en el área intervenida.

Adición de elementos. Una alternativa para la repotenciación de estructuras, sobre todo cuando la necesidad es ampliar el área o el uso de la edificación, es dejar la estructura existente intacta y adicionar elementos nuevos (Columnas y vigas) los cuales pueden ser en concreto o acero. Esta alternativa es usada para distribuir las cargas a las cuales están sometidos los elementos de la estructura en más elementos.

El proceso consiste en construir una estructura nueva al interior de una estructura existente y empalmar los nudos estructurales para repartir las cargas de la edificación,

generalmente es una alternativa que se considera cuando las demás alternativas no son válidas según requerimientos estructurales.

Ventajas: Proceso que genera mayor seguridad por ser una estructura nueva la cual se está construyendo bajo la normativa vigente.

Desventajas: Proceso que involucra un alto costo y requiere de gran cantidad de personal para ejecutar la actividad, además es altamente invasivo, al punto de modificar la arquitectura de la edificación.

9.2.7. Demanda. Determinar la cantidad de servicios que puede atender el proyecto según el mercado potencial ofrecido en el sector de la construcción para la repotenciación de estructuras o elementos estructurales que no cumplan con la norma NRS-10 o presentes problemas de construcción.

9.2.7.1. Comportamiento histórico. Conocer el comportamiento histórico de las repotenciones de estructuras es un tema muy complejo, debido a que no siempre se documentan casos en el sector de la construcción.

Como se mencionó en la presentación y composición de la fibra de carbono, la repotenciación de estructuras se puede dar por cambio del uso según la NRS-10 o ampliación de una estructura existente. En estos casos se requiere de una licencia de construcción aprobada para este fin por la curaduría de la región y deberá ser registrado. Para el año 2016 fueron aprobados 1431 millones de m² para la construcción de vivienda y 372 millones de m² para otro tipo de construcción. (DANE, 2017)

Por el contrario, si la repotenciación se da por imprevistos (Fallas en el material, error humano, accidente u otro) en uno o varios elementos puntuales de una edificación, con licencia

de construcción de “estructura nueva” el acto no queda documentado ante las entidades gubernamentales.

Con datos obtenidos del DANE, se elabora un gráfico donde se observa mes a mes la cantidad de área aprobada para la construcción o remodelación de edificaciones, desde enero de 2009 hasta el mes de abril del año 2017. La tendencia está sujeta por una función potencial ($Y = 947677X^{0.173}$) la cual tiene una desviación estándar elevada ($R^2=0.3768$) debido a que existen periodos de alto índice de aprobación de proyectos como en diciembre de 2015 o muy bajos como en enero de 2017, debido principalmente al cambio de políticas de estado. Lo que ocasionaría que realizar una proyección de demanda basada en la línea de tendencia que arroja la función sería de alto riesgo para el proyecto.

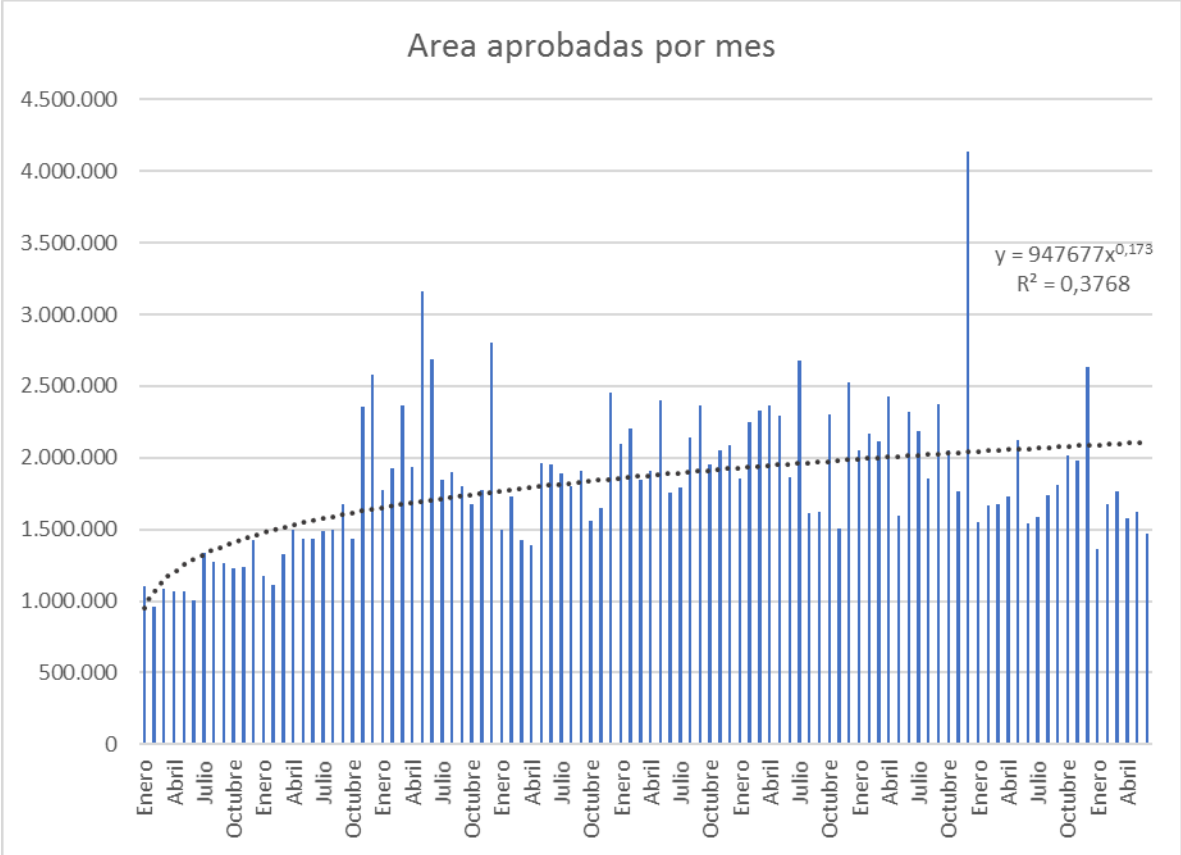


Ilustración 10 Licencias aprobadas enero 2008- abril 2016 por área (DANE, 2017)

La importancia de las licencias aprobadas para la construcción en el país y su crecimiento con relación a los años anteriores, nos permiten visualizar la dinámica de la economía en el sector; A mayor cantidad de inversionistas dispuestos a invertir en el sector aumenta la cantidad de licencias por aprobar. Sin embargo, no necesaria toda obra que se licencio previamente se encuentra en ejecución, su estado puede ser paralizada o inactiva, por eso es necesario conocer la cantidad de obras que se encuentran en proceso de construcción por año en el territorio colombiano.

A continuación, se presenta la gráfica de “OBRAS EN PROCESO EN COLOMBIA POR M2” donde se muestra la cantidad de obras que se encuentran en ejecución por trimestres de cada

año, desde 2008 hasta 2016, basada en datos oficiales del DANE. El crecimiento de obras en ejecución se puede definir bajo una línea de tendencia de función polinómica igual a $y = 13329x^2 - 127835x + 2E+07$ creciente con una desviación estándar apropiada ($R^2 = 0,9125$).

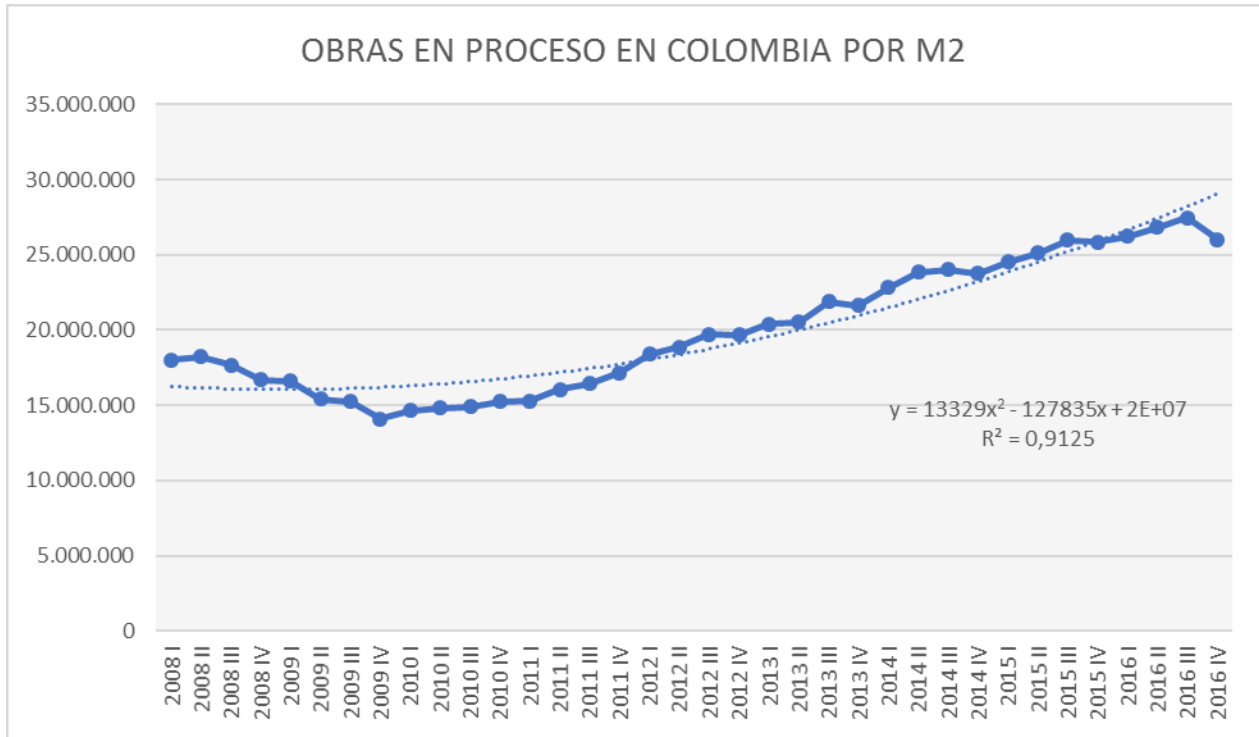


Ilustración 11 Obras en proceso en Colombia por m2 (DANE, 2017)

Periodicidad. Debido a un comportamiento económico del país y como se observa en la gráfica de licencias aprobadas, en los meses de enero se evidencia un número de licencias aprobadas por debajo de la media de licencias que se expiden en el año, principalmente por la condición de prudencia que manejan los inversionistas a la volatilidad económica que se pueden presentar en un país subdesarrollado. Por el contrario, los meses donde se presenta una mayor demanda son junio y julio donde la economía se encuentra “estable” y diciembre, previo a posibles cambios de políticas o aumento en el costo de licitar el proyecto.

9.2.7.2. Situación actual. En la actualidad y a pesar de que la economía colombiana se encuentra en un periodo de prudencia ante la inversión por los cambios en la reforma tributaria que comenzaron a regir en enero de 2017, el DANE en el siguiente grafico muestra que las licencias de construcción aprobadas en el 2016 son similares a la cantidad del 2017 a la fecha.

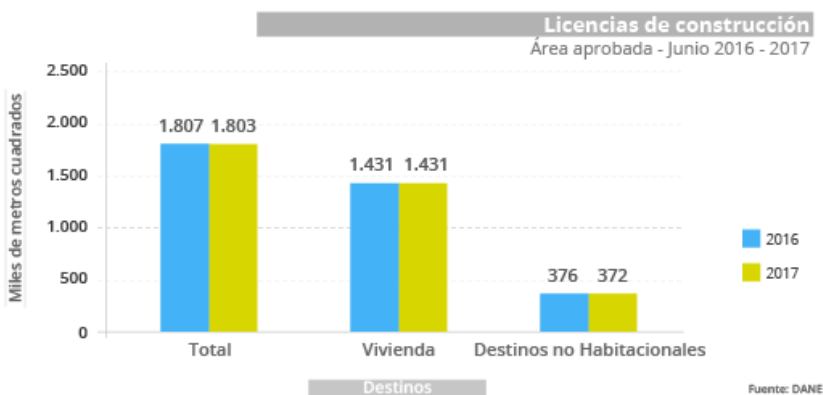


Ilustración 12 Licencias de construcción aprobadas por área (DANE, 2017)

Sin embargo, a pesar de que el número de licencias aprobadas sea similar en los dos años estudiados, no confirma que los proyectos se hayan empezado o ejecutado. En muchos casos queda suspendida o aplazada debido a fondos insuficientes de los inversionistas o desconfianza en la economía del país.

En el siguiente grafico sacado del DANE, se observa como con el 2017 existen más proyectos en ejecución que en el año anterior, pero a su vez hay mayor cantidad de proyectos paralizados y menos cantidad de proyectos culminados.

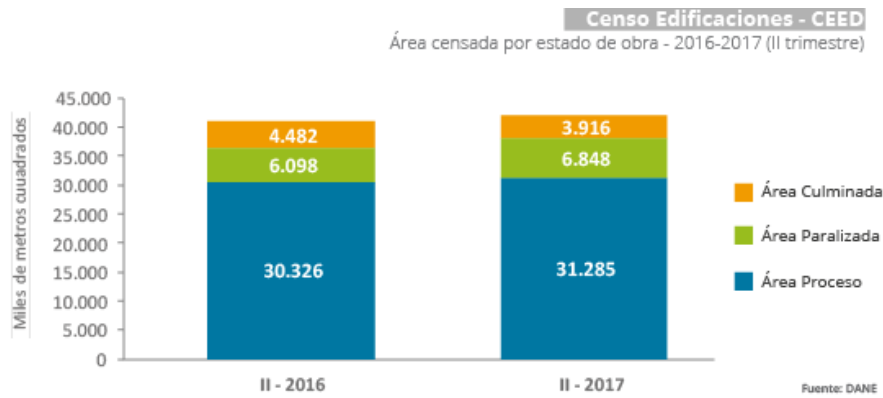


Ilustración 13 Proceso de construcciones vigentes. (DANE, 2017)

9.2.7.3. Situación futura. Determinar cómo se comportará el crecimiento de la construcción en el país involucra muchas variables de diferente índole que hace que sea imposible determinar con exactitud su comportamiento a futuro, pero si tenemos en cuenta como ha sido el crecimiento de los últimos años y conociendo las implicaciones que trae consigo la reforma tributaria y el proceso de paz en la economía, además de los picos altos y bajos que se presentan en la economía, podemos hacer una proyección de la demanda.

Si se toma como hipótesis inicial que los impactos de la reforma tributaria y escándalos de corrupción en proyectos públicos que han generado una disminución en la ejecución de obras en el país son puntuales. El crecimiento de la construcción de edificaciones seguirá presentando un crecimiento similar al de los últimos 9 años (2008-2016) igual a $y = 13329x^2 - 127835x + 2E+07$ siendo “X” el año y “Y” la demanda.

La proyección se realizó basado en la tendencia de la función polinómica que arrojo la cantidad de obras en proceso por año: $y = 13329x^2 - 127835x + 2E+07$.

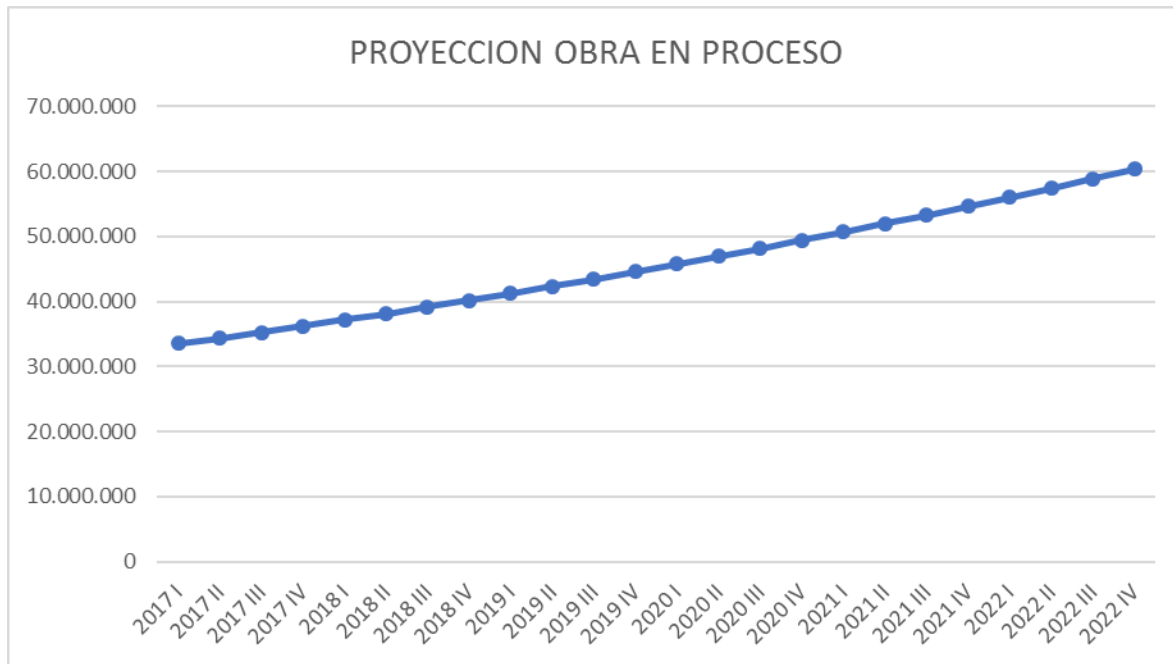


Ilustración 14 Proyección de obras (m2) en proceso de ejecución. (DANE, 2017)

9.2.7.4. Fuentes primarias. Para la recolección de datos primarios sobre la repotenciación de estructuras y el uso de la fibra de carbono como una solución al problema, se realizó entrevistas personalizadas a ingenieros civiles, arquitectos o constructores civiles con conocimiento y practica en la construcción de edificaciones, los cuales desde el punto de vista de su juicio técnico y vivencias responden una serie de preguntas para determinar como objetivo la viabilidad del uso de la fibra de carbono.

En la entrevista personalizada se consultaron 45 expertos en el sector de la construcción y se les hicieron las siguientes preguntas:

1. Empresa en la que labora
2. Cargo que desempeña

3. ¿En el año anterior, en cuantos proyectos de construcción trabajo realizando diseño, construcción o interventoría?
4. ¿En el año anterior, realizo algún tipo de intervención en elementos estructurales o no estructurales para aumentar sus propiedades mecánicas?
5. ¿En el siguiente año, cuantas intervenciones en elementos estructurales o no estructurales podría realizar para mejorar sus propiedades mecánicas?
6. ¿Conoce las propiedades de la fibra de carbono para el uso en las construcciones civiles?
7. ¿En el siguiente año, cuantas intervenciones de elementos estructurales o no estructurales podría hacer con fibra de carbono?
8. ¿En caso de realizar una intervención de elementos estructurales o no estructurales para mejorar las propiedades mecánicas, usaría la fibra de carbono como alternativa?

A continuación, se presentan los resultados arrojados por la entrevista a expertos. Para las 2 primeras preguntas se crea una tabla con la empresa donde labora cada entrevistado y el cargo que desempeña, estas preguntas se formularon con el fin de confirmar que la persona que contestaban el formulario, si tuviera conocimiento con la construcción de edificación y la repotenciación de edificaciones.

Tabla 5 Cargo de desempeño de entrevistados

Empresa en la que labora	Cargo que desempeña
Concreto	Residente de obra
Estructuración y desarrollo	Residente de obra
Guinco sas	Gerente general
Manguare	Director de proyectos
Cine Colombia	Coordinador de obra
Cine Colombia	Coordinador de obra
Superpisos	Gerente general
Ingeniería estructural sas	Auxiliar de interventoría
EPM	Profesional de proyectos
Serving	Residente de obra
Estructuración y desarrollo	Residente de obra
Contacto arquitectónico	Residente de obra
Línea global	Residente interventoría
Kyj ingenieros	Residente interventoría
Contacto arquitectónico	Arquitecta personalización acabados
Kyj ingenieros	Residente interventoría
Conceptos básico	Gerente general
Estructuración y desarrollo	Director de proyectos
CONCYPA	Licitaciones
Estructuración y desarrollo	Almacenista
Intervé	Residente interventoría
Estructuración y desarrollo	Asistente gerencia de desarrollo
Estructuración y desarrollo	Director de proyectos
Estructuración y desarrollo	Director de proyectos
Capital	Negociación
Estructuración y desarrollo	Coordinador de obra
Estructuración y desarrollo	Maestro de obra
Independiente	Diseñador estructural
Radian Colombia sas	Ingeniero
Certice	Gerente general
Estructuración y desarrollo	Residente de obra
Zinco sa	Auxiliar de interventoría
Estructuración y desarrollo	Residente de obra
Kyj ingenieros	Residente interventoría
Procopal	Residente
Ferrocivil	Representante legal
Innovial	Auxiliar de investigación
Constructora Canarki sas	Residente de obra
Traimpro sas	Representante legal
Traimpro sas	Gerente general
Mahico sas	Representante legal
Regueze sas	Gerente general
Inversiones gv sas	Gerente general
Estructuración y desarrollo	Residente de obra

En el resultado a la pregunta #3 se muestra la cantidad de proyectos de construcción en la que los entrevistados trabajaron en el año anterior.

En el año anterior, en cuantos proyectos de construcción trabajo realizando diseño, construcción o interventoria?

44 respuestas

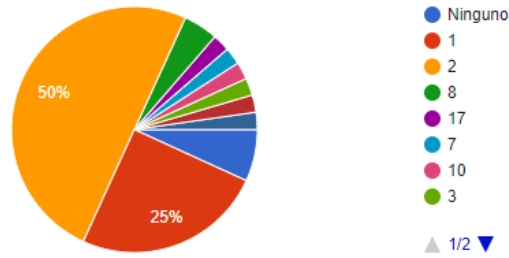


Ilustración 15 Resultados entrevista #3- Elaboración propia

Para obtener un resultado más confiable del promedio de proyectos por persona, se toma la decisión de eliminar los datos superiores a 10, debido que son valores que distorsionan la muestra. Siendo así, 2,2025 el promedio de proyectos por año en los cuales los profesionales participan.

Muestra: 40

Promedio de proyectos por persona: 2,025

Desviación estándar: 1,76122772

En el resultado #4, se obtuvo que el 62,2% de los profesionales han realizado por lo menos una repotenciación de estructuras, (Por cualquiera de las razones mencionadas anteriormente) en los 2,025 proyectos en promedio que han participado anualmente.

Este resultado, nos permite conocer el mercado potencial para el uso de la fibra de carbono, ya que más de la mitad de los proyectos que se encuentran en ejecución por año en el territorio nacional necesitan por lo menos la repotenciación de un elemento, la cual puede ser realizada con métodos tradicionales o con la fibra de carbono.

En el año anterior, realizó algún tipo de intervención en elementos estructurales o no estructurales para aumentar sus propiedades mecánicas?

45 respuestas

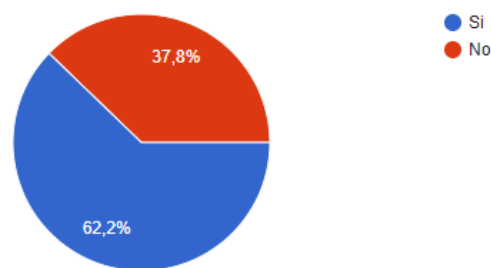


Ilustración 16 Resultados entrevista #4- Elaboración propia

En el resultado a la pregunta #5 se busca determinar el conocimiento de los expertos sobre el uso de fibra de carbono en la repotenciación de elementos.

Es importante para determinar la viabilidad del proyecto, conocer si las personas expertas, con conocimiento en la construcción tienen conocimiento sobre la fibra de carbono, en el uso de la repotenciación de elementos estructurales y no estructurales.

Los resultados arrojan que un 71,1% de los expertos entrevistados tienen conocimiento sobre el uso de la fibra la construcción, los cuales tendrían presente en el análisis de una posible repotenciación el método como una alternativa. Por el contrario, el 28,9% nos arroja la cantidad de expertos en construcción que no conocen acerca del material para este fin, este segmento podría ser considerado un mercado potencial por explotar.

Conoce las propiedades de la fibra de carbono para el uso en las construcciones civiles?

45 respuestas

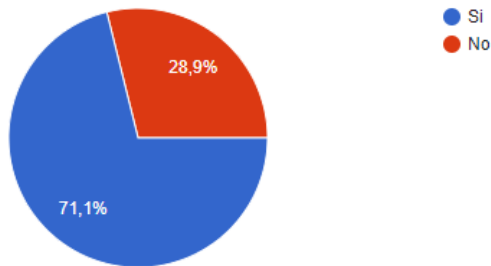


Ilustración 17 Resultados entrevista #5- Elaboración propia

Proyecciones-entrevista. En las dos siguientes preguntas se cuestiona a cada entrevistado sobre posibles intervenciones en elementos estructurales o no estructurales, con fibra de carbono u otro posible método. Los resultados pueden ser variables, principalmente porque se puede tener un estimado debido a la experiencia y labor de cada persona, pero a su vez muchas de estas intervenciones se pueden dar por errores constructivos, de diseño o de materiales que generalmente se guardan en el interior de las compañías y no se revelan a luz pública.

En los resultados a la pregunta #6 se obtiene la proyección de las posibles intervenciones en elementos estructurales que podrían realizar los expertos según su conocimiento en el sector de la construcción y experiencias vividas.

En el siguiente año, cuantas intervenciones en elementos estructurales o no estructurales podría realizar para mejorar sus propiedades mecánicas?

43 respuestas

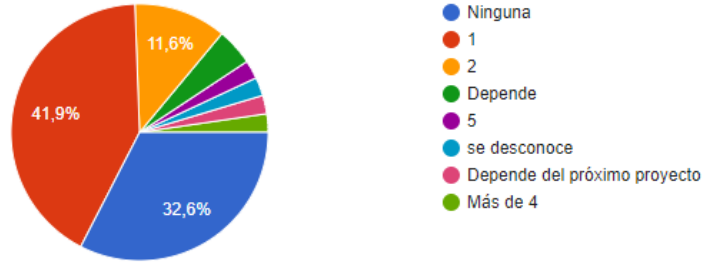


Ilustración 18 Resultados entrevista #6- Elaboración propia

Para determinar el promedio de futuras intervenciones en elementos estructurales o no estructurales para el próximo año, se omitieron los valores no numéricos y se calculó bajo un promedio aritmético.

Promedio: 0,95 Intervención/persona*año

El resultado muestra que cada profesional dedicado a la construcción realizara en el año siguiente 0,95 intervenciones, lo sería satisfactorio para el mercado.

En los resultados a la pregunta #7, se obtiene la proyección de las posibles intervenciones de elementos estructurales o no estructurales con fibra de carbono según el juicio de expertos entrevistados.

En el siguiente año, cuantas intervenciones de elementos estructurales o no estructurales podría hacer con fibra de carbono?

45 respuestas

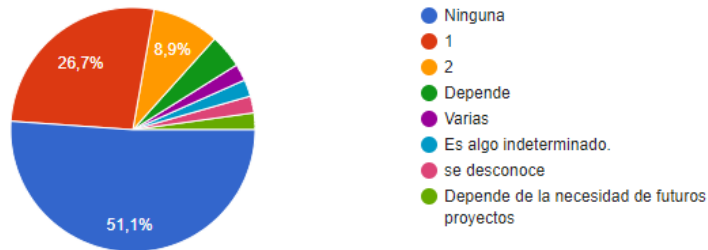


Ilustración 19 Resultados entrevista #7- Elaboración propia

Para determinar el promedio de futuras intervenciones con fibra de carbono en elementos estructurales o no estructurales para el próximo año, se omitieron los valores no numéricos y se calculó bajo un promedio aritmético.

Promedio: 0,51 Intervención-FIBRA/Persona*año

El resultado muestra que aproximadamente se realizarán 0.51 intervenciones con fibra de carbono por cada persona relacionada con la construcción en el siguiente año.

Intención de uso-entrevista. De tener la necesidad de realizar la repotenciación de un elemento estructural o no estructural, se preguntó a los expertos si usarían o no usarían la fibra de carbono como alternativa.

En caso de realizar una intervención de elementos estructurales o no estructurales para mejorar las propiedades mecánicas, usaría la fibra de carbono como alternativa?

45 respuestas

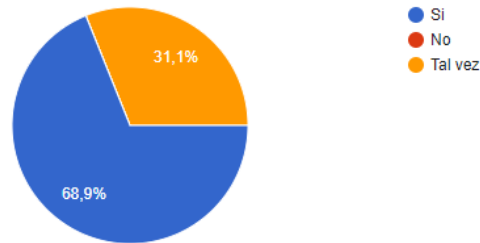


Ilustración 20 Resultados encuesta #8- Elaboración propia

Se obtuvo que la totalidad de las personas estuvieran dispuestas a usar la fibra de carbono como método de repotenciación de elementos estructurales o no estructurales si así lo requieren. Este es un resultado satisfactorio para el proyecto, dado que expertos que al comienzo de la entrevista no conocían el método estudiado estarían dispuestos a tenerlo en cuenta.

Resultados generales entrevista. Según los datos conseguidos en la entrevista a personas con conocimiento sobre el tema, se obtienen los siguientes factores para determinar la cantidad de intervenciones en elementos estructurales o no estructurales que se realizarían el siguiente año en los proyectos de edificaciones que se encuentran en ejecución en el país.

En promedio los profesionales que trabajan en el sector de la construcción trabajan en 2,025 proyectos por año. En los cuales tienen que realizar algún tipo de repotenciación con cualquier método que se encuentre en el mercado en 0,949 de los casos y lo ejecutan con el método de fibra de carbono en 0,513 de las veces.

Tabla 6 Resultados entrevista

DATOS ENTREVISTA POR AÑO
2,025 PROYECTOS/PERSONA
0,949 INTERVENCION/PERSONA
0,513 INTERVENCIONFIBRA/PERSONA
RESULTADO POR AÑO
0,469 INTERVENCION/PROYECTO
0,253 INTERVENCIONFIBRA/PROYECTO

A continuación, se presenta la tabla de proyección de proyectos para ejecutar en Colombia del año 2017 al año 2022 según los datos arrojados por el DANE, el valor arrojado cuenta con el factor multiplicador de 0,253 el cual corresponde a las obras que utilizarían la fibra de carbono como método de repotenciación de elementos estructurales.

Según los datos arrojados por YJ Ingeniería, donde suministran información sobre el área y nombre de los proyectos que han intervenido, en promedio las obras de construcción en el país poseen 1632,9375 m². La intervención con fibra de carbono estaría en promedio alrededor del 10% del área total del proyecto, 163,2 m² (JY INGENIERIA, 2016).

Para determinar la cantidad en unidades de licencias aprobadas de construcción en el país es necesario dividir la cantidad de metros cuadrados construidos en un año por el promedio de metros cuadrados de cada proyecto.

Tabla 7 Proyección demanda por proyecto

Proyección total en número de proyectos						
Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Proyectos que usarían fibra de carbón en la repotenciación de estructuras por año.	5400	5990	6646	7368	8156	9010
Proyectos que demandaría la empresa por año (1% del total)	54	60	66	74	82	90

La empresa para el primer año de operación debe estar conformada para atender 60 proyectos cada uno en promedio con un área de intervención de 163,2 m2, la cifra aumentaría a través de los años según la tendencia obtenida.

Tabla 8 Proyección total de m2 intervenidos por año

PROYECCION TOTAL EN M2						
Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Proyectos que usarían fibra de carbón en la repotenciación de estructuras por año.	881754	978077	1085192	1203098	1331795	1471283
Proyectos que demandaría la empresa por año (1% del total)	8818	9781	10852	12031	13318	14713

9.2.8. Oferta. Para la realización de intervenciones para mejorar las condiciones sísmicas de las estructuras o repotenciar elementos puntuales, existen muchas empresas encargadas de realizar el proceso de forma tradicional, con concreto vaciado reforzado con acero. Para este tipo de proceso se requieren materia prima que se consigue en canteras cercanas o ferreterías y oficiales de estructura, obra falsa y armado de refuerzo, rodeados de un grupo de ayudantes, los recursos para esta actividad son cómodos de conseguir a pesar de que el proceso de ejecución sea tedioso.

Por otro lado, la oferta de la repotenciación de elementos estructurales o no estructurales con fibra de carbono es limitada en el país, en Colombia se cuenta con pocas empresas con un portafolio que incluye productos adecuados para esta actividad, pero solo una empresa, llamada YJ Ingeniería ubicada en Bogotá presta el servicio de otorgar soluciones para la actualización sísmica y reforzamiento de estructuras con fibra de carbono. Principalmente porque la materia prima es importada de Europa y costosa, además el proceso constructivo es relativamente nuevo para un sector tradicionalista en sus métodos de ejecución.

YJ Ingeniería es una empresa prestadora del servicio de repotenciación y adecuación encargada de la ejecución de obras aplicando sistemas compuestos de acuerdo con diseños estructurales, protección y recuperación de estructuras, inyección de estructuras, anclajes, suministro de sistemas compuestos como la fibra de carbono o de vidrio y revestimientos especiales.

YJ Ingeniería por ser la única empresa conocida en el país encargada de realizar procesos de intervención de estructuras con materiales compuestos, debido a esto se encuentra consolidada en el sector y a ejecutado proyectos en varias ciudades de Colombia como:

Edificio Murillo Toro, primera etapa (ministerio de comunicaciones)- 5000 m².

Iducolvi (cambio de uso estructural) – 200m2.

Bulevar Niza (reforzamiento Carrefour) – 550m2.

Promotora Vivendum (fallas estructurales) – 200m2.

Jardín Infantil Crayolas (actualización estructural) – 3500 m2.

Secretaria distrital de medio ambiental (actualización estructural) – 1600 m2.

Hotel Neiva plaza real (recuperación por explosión)- 600 m2.

San Diego Reservado Bosa (Fallas En concreto)- 250 m2.

Cemex Colombia (Fallas En concretos).

Edificio Murillo Toro Bogotá, Segunda etapa (actualización Sísmica)- 3000m2.

Quala Bogotá (actualización Sísmica) – 2500m2

Reserva de San Agustín (Reconstrucción muros primer piso)- 360 m2

Porvenir Reservado (Reconstrucción placas)- 67 m2

Colegio pureza de María (Actualización sísmica)- 600 m2

Consejo superior de la judicatura (Actualización sísmica)- 4100m2

Centro Empresarial 424 Santa marta (refuerzo vigas)- 3200 m2

Balcones de Granada – Amarillo (Baja resistencia Concretos)- 400 m2

(JY INGENIERIA, 2016)

Teniendo en cuenta como referencia los proyectos de repotenciación de estructuras que ha desarrollado la empresa JY ingeniería y el tamaño de cada uno de los trabajos ejecutados, se calcula un promedio por metro cuadrado (m²).

Promedio de área de proyectos por m²: 1632,9375m²

Teniendo en cuenta el área en promedio de cada proyecto, se toma como área a intervenir el 10% del área total según lo experimentado en campo, donde existen proyectos de reestructuración total, parcial y puntual. Promedio de área a intervenir por m²: 163,29m².

9.2.9. Precio. El precio se determina basado en el mercado, se debe evaluar el precio ideal para competir en el mercado y a su vez ser rentable para el proyecto.

9.2.9.1. Análisis histórico y actual del precio. Para realizar un análisis pertinente de la fluctuación del precio del servicio es importante conocer los datos históricos de su valor comercial y como varia este con relación al paso del tiempo y la economía del país, a pesar de que existan pocas empresas prestadoras del servicio y el precio se pueda ver sujeto a variaciones realizadas por las empresas buscando un bien personal.

Sin embargo, la implementación de la fibra de carbono en la adecuación de elementos estructurales y no estructurales es realizada con materiales innovadores en el sector de la construcción, y no se cuenta con valores históricos que nos permitan interpretar su movimiento.

En la actualidad, la mano de obra en instalación de fibra de carbón de 600g/m² CARBOPREE SHEET HS 600 instalada según diseño y con suministro de productos, herramientas y equipos se encuentra en \$375.043 pesos por metro cuadrado (m²) más un porcentaje de administración, imprevistos y utilidad (AIU) de aproximadamente 16%.

Para otra referencia de fibra de carbono, la mano de obra en instalación de CARBOPREE SHEET HS 300 con suministro de material, herramienta y equipos tiene un precio de \$313.036 pesos por metro cuadrado (m2) más un porcentaje de administración, imprevistos y utilidad (AIU) de aproximadamente del 16%.

La variación del precio de mano de obra en la instalación se presenta por el gramaje de la malla por metro cuadrado (g/m2), a mayor peso será mayor su costo y por consiguiente el precio de venta final. Comercialmente los royos de fibra de carbón vienen en dos presentaciones; 600 gramos por metro cuadrado o 300 gramos por metro cuadrado, si se requiere otra referencia en los diseños estructurales se deben aplicar varias capas de estas referencias en el elemento o realizar una producción personalizada de la tela de fibra (Inviabile por costos para Colombia).

Por el contrario, el método tradicional de concreto vaciado puede tener un costo promedio por metro cuadrado de: \$40.000 pesos en concreto, adhesivo de \$7500 pesos, acero \$5900 pesos, equipos \$3500 pesos, formaletas \$61.538 pesos y mano de obra \$22.153 pesos, para un total de \$140.591 pesos/m2 (Datos obtenidos, repotenciación Art living), sin tener en cuenta las externalidades, las cuales pueden ser: Retrasos en entregas, compensación a cliente, pagos de administración de personal, entre otras. Por consiguiente, si en los proyectos de construcción se tienen en cuenta las externalidades que se generan por los retrasos en procesos constructivos, la alternativa de la fibra es más económica y rentable que otras alternativas.

Tabla 9 Comparativo de precios

Repotenciación	Costo directo (m2)	Externalidades (m2)		Total
		Administración	Compensación cliente	
fibra de carbono	\$ 303,586.00	\$ 30,487.80	\$ 2.00	\$ 334,075.80
método tradicional	\$ 140,591.00	\$ 91,463.40	\$ 121,951.00	\$ 354,005.40

9.2.9.2. Variables para definir precio. Para definir el precio es importante tener presente varios aspectos que se deben controlar para determinar el costo final del servicio y la variación de este en el transcurrir del tiempo, a continuación, se presentan las principales variables que se deben tener en cuenta para presentar una evaluación objetiva:

- **Mano de obra:** El valor de la mano de obra calificada para la actividad, está sujeta al salario mínimo legal vigente para el año en el país y la oferta laboral. El valor de un oficial con experiencia específica esta alrededor de \$9.000 pesos por hora por prestación de servicios o entre \$1.000.000 pesos y \$2.000.000 en contrato con prestaciones legales (Fijo o indefinido).
- **Mano de obra ayudante:** El valor de la mano de obra ayudante, se encuentra regulado por el salario mínimo legal para el año. Con un contrato a término fijo o indefinido sería el valor del mínimo legal, mientras por hora sería de \$7.500 aproximadamente.
- **Materiales:** Los 2 principales materiales para prestar el servicio; fibra de carbono y adhesivo epóxico, son importados y su valor fluctúa según el valor del peso colombiano con relación al dólar estadounidense. La fibra de carbono para junio de 2017 tiene un costo de \$242.000 pesos por metro cuadrado puesta en sitio en el territorio nacional (Suministro por SIREG S.P.A. ubicado en Monza Brianza Italia) y el adhesivo epóxido tiene un costo de \$45.000 pesos el galón (3.79 litros) y se puede conseguir por distribuidores autorizados de Toxement o Sika.
- **Herramienta y equipo:** Son elementos básicos como: brochas, martillos, elementos de seguridad, tijeras, entre otros, que se requieren para prestar el servicio. Generalmente su valor es de fácil control y aumenta según la inflación en el país. El valor de los insumos está sujeto al tipo de contrato de mano de obra que se realice: para el personal con un

contrato de prestación de servicios, el trabajador debe colocar sus herramientas; mientras que por un contrato a término fijo o indefinido es responsabilidad del contratante suministrar las herramientas.

- **Trasporte:** El valor de acarreo o trasporte esta alrededor de \$150.000 a \$300.000 dependiendo del tamaño del vehículo. En un camión pequeño se pueden trasportar cerca de 200 metros de fibra de carbono. Si el vehículo es propio se debe considerar los costos de gasolina, chofer, mantenimiento del vehículo y depreciación.

Tabla 10 Análisis de precios unitarios

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO POR M2					
Descripción	Un	Cantida d por m2	Desperdicio %	Pr unitario	Valor por m2
CARBOPREE SHEET					
HS 300	m2	1	3%	\$ 242.000	\$ 249.260
Adhesivo Epóxico	galón	0,125	5%	\$ 45.000	\$ 5.906
Mano de obra OFICIAL	h	2,1	0%	\$ 9.000	\$ 18.900
Mano de obra AYUDANTE	h	2,1	0%	\$ 7.500	\$ 15.750
Herramienta menor	gl	1	0%	\$ 12.750	\$ 12.750
Transporte	gl	1	0%	\$ 1.020	\$ 1.020
TOTAL					\$ 303.586

9.2.9.3. Proyección de precios. Para determinar la proyección del precio de la prestación de servicio de repotenciación de estructuras con fibra de carbono, es necesario conocer la fluctuación del valor de los recursos necesarios a lo largo del tiempo de evaluación del proyecto.

Para determinar la variación del valor de la mano de obra, se tiene en cuenta la proyección de la inflación para Colombia según análisis Bancolombia como única variable. La inflación del año en curso es la cual el gobierno toma como referencia para definir el aumento en el salario mínimo vigente para el siguiente año. Siendo así, un referente apropiado y aproximado para desarrollar la proyección del coste.

Para determinar la variación del costo de insumos (fibra de carbono y adhesivo epóxico) no es posible realizar la medición con indicadores netamente de la economía colombiana debido a que son productos importados y su valor es dependiente de factores del mercado internacional. Por consiguiente, la proyección se debe realizar según la fluctuación del valor del peso frente al dólar, para esto se efectúa la proyección promedio del valor de la tasa de cambio del dólar según los análisis realizados por Bancolombia para octubre de 2017.

Tabla 11 Proyección inflación y devaluación nominal

Año	2014	2015	2016	2017 py	2018 py	2019 py	2020 py	2021 py	2022 py
Inflación del consumidor (Var. % anual, fin de año)	3.66%	6.77%	5.57%	4.00%	3.50%	3.90%	3.66%	3.35%	3.00%
Devaluación nominal (% promedio año)	7.00%	37.00%	11.30%	-3.70%	2.20%	-0.50%	2.40%	4.30%	3.30%

Nota: Datos obtenidos de proyecciones Bancolombia octubre 2017

Tabla 12 Proyección de costos 2018-2022

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Inflación		3,50%	3,90%	3,65%	3,35%	3,00%
Devaluación nominal		2,20%	-0,50%	2,40%	4,30%	3,30%
M2	\$ 303.586	\$ 321.124	\$ 331.980	\$ 352.356	\$ 379.818	\$ 404.123

Para determinar el precio del servicio se tuvo en cuenta el coste con el cual las empresas competidoras (YJ Ingeniería) ofrecía un servicio similar a los clientes para el año 2017. Para los años siguientes se modificó según la inflación y la devaluación nominal del peso respecto al dólar.

Tabla 13 Proyección del precio 2018-2022

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022
		\$	\$	\$	\$	\$
M2	\$ 375.043	396.709	410.120	435.292	469.218	499.244

Nota: datos basados en los valores de (JY INGENIERIA, 2016)

9.2.10. Plaza.

9.2.10.1. Canales de comercialización y distribución del producto. Los clientes potenciales para la repotenciación de estructuras son principalmente: las empresas constructoras, las cuales son las encargadas de tomar decisiones y realizar un seguimiento a los procesos constructivos; y los diseñadores estructurales, debido a que en muchas circunstancias recomiendan o exigen el uso de un método específico para la ejecución de una actividad puntual en la construcción.

Para buscar mecanismos de comercialización del servicio en el sector, se debe dar a conocer a las personas encargadas de tomar decisiones (directores, residentes, diseñadores, entre otros) las ventajas del uso de la fibra de carbono como método para repotenciar estructuras. Para lograr el objetivo, se debe realizar promocionar: visitar empresas y ofrecer charlas de información del servicio y de capacitación al personal, además de dar a conocer las experiencias de ejecución y vida útil del servicio

9.2.10.2. Descripción de los canales de distribución. La prestación del servicio de repotenciación de estructuras con fibra de carbono se debe realizar en el lugar de ejecución del proyecto donde se requiere, es decir, los insumos y el personal encargado de realizar la actividad se deben desplazar hacia el cliente y por ningún motivo, debido a el proceso técnico se podrá hacer de otra forma. Por lo tanto, el canal de distribución es directo.

9.2.10.3. Ventajas y desventajas de canales empleados. Ventajas: El servicio de repotenciación de estructuras con fibra de carbono es personalizado y se realiza en el lugar indicado por el cliente y bajo las condiciones especificadas.

Desventajas: El servicio por prestar es variable y se debe acomodar a las necesidades de cada cliente en particular, por consiguiente, es complicado expandir la producción.

9.2.10.4. Almacenamiento. El servicio de repotenciación de estructuras con fibra de carbono requiere de insumos como epóxico, fibra de carbono, lechada, además de herramientas que se deben almacenar para mantener un stock mínimo en el funcionamiento, principalmente porque muchos de los materiales usados son hechos en el exterior y su proceso de importación puede tardar mayor tiempo al que están dispuestos a esperar los clientes.

El almacenamiento se debe realizar en bodegas las cuales deben cumplir con especificaciones mínimas para conservar de forma adecuada los insumos requeridos.

9.2.10.5. Transporte: operación de comercialización. Insumos: Puestos en territorio nacional, son transportados hasta un lugar de almacenamiento donde se guardan hasta el momento que sean requeridos. Los insumos deben ser transportados desde la bodega hasta el lugar requerido para prestar el servicio, debido al bajo peso se puede realizar en un camión pequeño o camioneta Pick up.

Personal: El personal debe realizar su transporte al lugar que requiera los clientes para la ejecución de la actividad sin un costo adicional al contratado.

9.2.11. Conclusión general análisis de mercado. La fibra de carbono en la repotenciación de estructuras es un método novedoso, el cual cuenta con propiedades mecánicas, químicas y físicas para soportar las fuerzas a las cuales se someten las estructuras en las peores condiciones, por

consiguiente, es un excelente material para que las empresas constructoras y diseñadores estructurales tengan como alternativa para la adecuación de edificaciones en mal estado, cambios de usos de edificaciones, necesidades para soportar mayor carga en elementos puntuales, errores de diseños, entre otros. Debido a que las alternativas convencionales, como el concreto reforzado pueden tener otras características que no se acomodan al proyecto.

En el mercado actual, cerca del 0.9 proyectos de los que se encuentra una persona en un año solicitan un tipo de repotenciación de estructura o de elementos puntuales, por alguno de los motivos ya descritos. Estas repotenciones se pueden realizar a través de métodos tradicionales o por medio del método de la fibra de carbono. Cerca de 25.3% de intervenciones con fibra de carbono por proyecto en un año se realizarían en los proyectos en ejecución en el país según los expertos entrevistados.

La oferta, se compone únicamente por una empresa llamada YJ Ingeniera la cual es la encargada de realizar las repotenciones demandadas en el país con esta metodología. En el momento el mercado no cuenta con competidores, pero a medida que la fibra adquiera credibilidad en el sector y la demanda aumente, se crearan nuevas competencias.

El precio de la aplicación de fibra de carbono por m² tiene un costo entre \$315.000 y \$375.000 pesos, aproximadamente 2.5 veces más costoso que los métodos tradicionales en concreto vaciado, debido principalmente a que los suministros de fibra de carbono son importados desde Italia, sin embargo, los beneficios están enfocados en tiempo y calidad. El periodo de ejecución está entre un 50% y 70% más rápida que las otras alternativas, lo que se ve reflejado en disminución o eliminación de costos en multas y pólizas de cumplimiento según sea el contrato (Variable).

Para la determinación de este precio es importante conocer el valor de la fibra de carbono y demás suministros en el mercado internacional, además del valor de la mano de obra calificada para la actividad, los cuales se proyectan a futuro con la tasa de cambio del dólar para los suministros y la inflación del país para la mano de obra.

Para finalizar, los canales de comercialización están enfocados a vender la idea de la aplicación de la fibra de carbono y sus beneficios, mientras el transporte y almacenamiento únicamente es para el stock que se tenga de los suministros a usar en el servicio.

9.3. Análisis técnico

9.3.1. Factores de localización. Los factores de localización son los criterios que nos ayudan a seleccionar la ubicación adecuada para la sede del proyecto. Se debe tener en cuenta que el servicio a prestar se realiza en el lugar donde el cliente lo requiera, no necesariamente serán una estándar pero posiblemente se pueda generalizar por el lugar de mayor desarrollo en infraestructura.

Macro localización. Para la selección del sector de ubicación del proyecto se tuvieron en cuenta factores que potencializan y permiten la operación óptima del proyecto. El área metropolitana de Medellín y sus zonas aledañas fue seleccionado debido al alto desarrollo de proyectos que se desarrollan en el sector; Caldas, Copacabana, Bello, el oriente antioqueño u Sabaneta presentan un alto crecimiento en edificaciones de vivienda y comercio.

Muchas empresas grandes en el país dedicadas a procesos constructivos tienen sede en el área metropolitana de Medellín; Coninsa, Concreto, Argos, Arquitectura y concreto, El Cóndor, Capital, entre otras son algunas de las empresas, las cuales pueden hacer parte de clientes potenciales. Criterio fundamental para promocionar y vender el servicio.

Micro localización. Luego de determinar el sector del área metropolitana de Medellín para la consecución del proyecto, se evalúan los criterios necesarios para seleccionar la ubicación detallada de la sede.

- Cercanía al mercado: Proximidad con la mayoría de los proyectos de infraestructura que se desarrollan en la zona.
- Cercanía con los clientes: Proximidad a las sedes principales de las constructoras y promotoras con mayor representación en el sector. Según el monto de los proyectos el personal administrativo es el encargado de adjudicar los contratos a diferentes proveedores.
- Impuestos y servicio público: Según el lugar del establecimiento seleccionado; el costo de arriendo, servicios públicos e impuestos puede variar de forma significativa. El monto de estos costos se transforma en un costo fijo del proyecto.
- Mano de obra disponible: Ubicación de personal calificado para la ejecución del proyecto cerca al lugar de localización de la sede, generalmente son oficiales calificados los cuales se ubican principalmente en los estratos 1, 2 y hasta 3.
- Clima: Condiciones climáticas en la ubicación puntual de la sede del proyecto. Puede afectar transporte y calidad de los insumos almacenados según su lugar.
- Cercanía con los proveedores: Proximidad con los proveedores, factor fundamental del costo de transporte para los insumos.

Para el estudio se tuvieron en cuenta lugares ubicados en el área metropolitana de la ciudad de Medellín o municipios cercados, tal como se muestra en la tabla de valores de localización, donde para cada ubicación se asignó una calificación de 1 a 5 según unos criterios establecidos.

Tabla 14 Valor de localización

Factor	Peso	El poblado (calle10)		Llano grande-Rionegro		Copacabana		Caldas (vía pintada)	
		C	P	C	P	C	P	C	P
Cercanía con el mercado	0,2	3	0,6	4	0,8	5	1	5	1
Cercanía con los clientes	0,3	5	1,5	2	0,6	1	0,3	2	0,6
Impuestos y servicio publico	0,15	1	0,15	3	0,45	4	0,6	4	0,6
MO disponible	0,15	3	0,45	2	0,3	4	0,6	4	0,6
Clima	0,05	4	0,2	3	0,15	4	0,2	3	0,15
Cercanía con proveedores	0,15	3	0,45	2	0,3	4	0,6	4	0,6
Total	1		3,35		2,6		3,3		3,55

Según los criterios que se tuvieron en cuenta para determinar la micro localización óptima para el proyecto se consiguió establecer que Caldas, cerca la vía principal es la ubicación más adecuada para ubicar la sede principal, donde se debe considerar un lugar para los trabajadores e insumos necesarios para prestar el servicio.

La oficina estará ubicada en Caldas-Antioquia según los resultados obtenidos en el análisis de macro localización. Puntualmente en la variante Caldas-Medellín cerca a “La Miel” en las coordenadas 6.104036, -75.632445. El sitio está ubicado estratégicamente, inmediato a los puertos secos del sur del área metropolitana donde llegarían los insumos, disminuyendo los tiempos y costos de transporte de la materia prima requerida para prestar el servicio.

El sur del área metropolitana a su vez es uno de los sectores en el departamento con mayor desarrollo de edificaciones, específicamente de vivienda. Estar ubicados cerca permite tener a gran parte de los clientes aledaños a las oficinas donde se centra el núcleo del desarrollo del servicio.



Ilustración 21 Localización proyecto

9.3.2. Tamaño. Acorde a los estudios de mercado realizados según entrevistas a expertos en el área de la construcción y datos obtenidos en el DANE acerca de la cantidad de licencias y proyectos de construcción que se ejecutan año tras año en el país. Se determinó que para el año 2017 hay 5400 proyectos que podrían utilizar la fibra de carbono para la repotenciación total o parciales de elementos estructurales que la componen.

El proyecto tendrá como objetivo atender el 1% de la cantidad total, es decir, 54 proyectos para el año 2017 con un área promedio de 1632,9375 m² por proyecto. El área atendida por el servicio de repotenciación estaría representada por el 10% del área total de la obra (163,2m² en promedio), debido a que hay proyectos donde se interviene el total de la estructura (repotenciación total) y otros donde solo se intercede elementos puntuales (unidad).

La definición del tamaño de proyectos y metros cuadrados ejecutados por año está determinada por el mercado. Según la cantidad de obras por año que requieran un proceso de

intervención para mejorar las condiciones técnicas de elementos estructurales o no estructurales el proyecto atenderá un porcentaje del total.

9.3.3. Descripción técnica del servicio. Para la aplicación de la fibra de carbono en la repotenciación de estructuras se requieren dos elementos principales: la fibra de carbono, la cual se consigue por metro cuadrado y viene en diferentes presentaciones según el peso en gramos por metro cuadrado (a mayor gramaje el costo de suministro y la resistencia son mayores); y el adherente epóxico, el cual se consigue por cuñete o galón con empresas especializadas (toxement-Sika). Además, para prestar el servicio de forma adecuada se requiere herramienta menor (martillo, espátula, bisturí, metro, entre otras) y de ser necesario, según las condiciones en el sitio se requieren otros elementos como revoque estructural o taladros percutores.

Para el proceso, inicialmente se debe: Regular la superficie a tratar con mortero estructural, revoque de reparación o lechada, según las indicaciones del ingeniero calculista (Proceso adicional que no se encuentra incluido en el valor del servicio); Aplicar una mano de epóxico sobre la superficie del elemento; Rodear el elemento cubriendo la totalidad de la superficie con fibra de carbono según especificación; aplicar una nueva mano de adhesivo epóxico; y por último repetir el proceso según el requerimiento del diseñador estructural.

Finalmente, es necesario esperar que la última capa de adherente epóxido se cure completamente y este sería el resultado final del servicio. En algunos casos, y más por temas arquitectónicos que técnicos se recubre el elemento con fibra de carbón con una capa de estuco o revoque de acabado.

9.3.4. Proceso de ejecución del servicio. Al conseguir el cliente que requiere el uso de la fibra de carbono para implementar en una estructura o elemento que requiera ser intervenido, se debe

recurrir inicialmente a buscar en el stock del almacén si los insumos requeridos para el trabajo en particular se encuentran disponibles, de lo contrario se deberá hacer el pedido a los proveedores seleccionados: Fibra de Carbono, suministrado SIREG S.P.A. ubicado en Monza Brianza Italia; adherente epóxico y mortero de reparación, suministrado por SIKA o TOXEMENT; y la herramienta menor, suministrada por ferretería común.

Paso siguiente, el servicio a prestar es analizado por los vendedores técnicos los cuales determinarán el proceso a realizar para cada proyecto en particular, de ser necesario cálculos adicionales se contará con un ingeniero estructural capacitado, el cual además apoyará al equipo de vendedores (Personal con mayor experiencia).

Los vendedores técnicos serán los encargados de seleccionar el personal operacional adecuado, según la magnitud del trabajo y el rendimiento que exige el proyecto podrán aumentar o disminuir la cantidad. Para la ejecución del servicio estándar será necesario un oficial capacitado con experiencia y un ayudante entendido como apoyo.

Al iniciar la ejecución, primero se debe transportar la materia prima necesaria en un pequeño camión o camioneta pick up al lugar en obra, seguido de realizar el proceso técnico descrito anteriormente: Adecuar superficie, consiste en aplicar un mortero o revoque para nivelar la superficie a tratar aplicar (Proceso adicional al servicio); adherente epóxico, consiste en cubrir la superficie con una brocha como un proceso de aplicación de pintura; aplicar fibra de carbono, se cubre la superficie con el manto, siempre generando traslapes en las uniones; y repetir procedimiento según los requerimientos.

Finalmente, y cuando el proceso esté completamente terminado, se conoce la opinión de los clientes, la cual es tomada en cuenta para el mejoramiento en la ejecución de procesos futuros de la compañía.

Tabla 15 Proceso de ejecución del servicio

Proceso de ejecución			
Actividad	Etapa	Responsable	Duración
Búsqueda de clientes	inicio	vendedor	indeterminado
Determinar disponibilidad insumos	Planeación	Auxiliar de ingeniería	1 hora
Pedido de insumos (opcional)	Planeación	Ingeniero residente	20 días
Análisis del procedimiento	Planeación	Vendedor	8 horas
Memorias de cálculo (opcional)	Planeación	Ingeniero residente	8 días
Selección de personal operacional	Planeación	Vendedor	8 horas
Transporte de materia prima	Ejecución	vendedor	0-24 horas
Aplicación adherente	Ejecución	Oficial-Ayudante	1.5h/m ²
Aplicar fibra de carbono	Ejecución	Oficial-Ayudante	1h/m ²
Encuesta satisfacción cliente	Control-cierre	Vendedor	1 hora

9.3.5. Inversiones en maquinaria y equipos. La repotenciación y adecuación de elementos estructurales y no estructurales con fibra de carbón no requieren el uso de maquinaria debido principalmente a que, en el servicio, los insumos son suministrados por terceros y el proceso de ejecución se realiza de forma manual por personal calificado: Ingeniero, vendedor, oficial y ayudante.

Los equipos requeridos para prestar el servicio son aquellos que permiten realizar los trámites administrativos y operaciones de la empresa de forma más práctica. Computadores, impresora, vehículo transportador, archivadores, celulares, entre otros, son los elementos que se deben tener en cuenta para la ejecución adecuada de prestar el servicio.

En el proceso de ejecución se requiere herramienta menor, la cual consiste en elementos del uso diario para actividades que se realizan en la construcción como: flexómetro, nivel, plomada, martillo, escuadra, brocha, rodillo, entre otras. El costo de la herramienta menor está determinado en el análisis de precio unitario-tabla 09, con un costo por metro cuadrado de \$12,750 equivalente a un porcentaje del costo de los insumos.

9.3.6. Descripción de insumos. Para prestar el servicio de repotenciación de estructuras o elementos con fibra de carbono los insumos desempeñan un papel fundamental, debido a que son la materia prima y el producto terminado del servicio que se presta. Los insumos que se requieren son los siguientes:

- Fibra de carbón: Materia prima e insumo principal para prestar el servicio, su presentación es en tejido de alta resistencia mecánica y viene de 600g/m² CARBOPREE SHEET HS 600 y de CARBOPREE SHEET HS 300 con un peso unitario de 300g/m². El método para adquirir el producto es por medio de un proceso de importación y por consiguiente su valor fluctúa según el mercado internacional (Tasa de cambio). El costo por m² de la fibra de carbono se encuentra especificado en la tabla 11-Análisis de precio unitario del proyecto.
- Adherente epóxico: Mezcla química que permite una adherencia casi perfecta entre dos materiales (Concreto-fibra de carbono). Su presentación es en galón y cuñete y se puede adquirir en el país con distribuidores autorizados de Sika o Toxement. El costo por m²

Planta dos: La planta superior cuenta con una bodega para mantener un stock de los insumos necesarios para prestar el servicio (Fibra de carbono, adherente epóxico y herramienta menor), además de una sala de juntas con un baño. El almacén debe estar distribuido en estantes con los insumos necesarios para atender a los clientes, los corredores deben ser lo suficientemente amplios para que el personal pueda trabajar sacando o ingresando materia prima de forma segura y práctica.

La zona de almacenamiento debe tener unas condiciones especiales para evitar que los suministros se deterioren antes de lo esperado, para esto se deben usar materiales en la construcción que permitan un adecuado mantenimiento del almacén y que no generen humedad. (Pintura epóxico, enchape de cerámica o porcelanato liso, concreto, aislante térmico, entre otros)

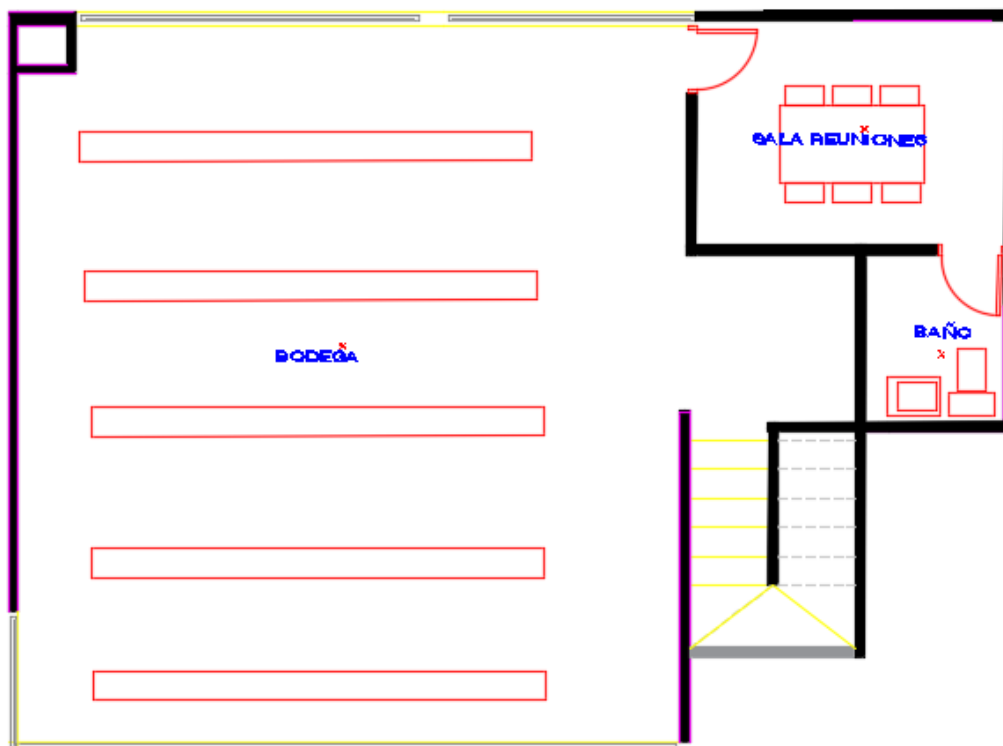


Ilustración 23 Planta segundo nivel

9.3.8. Mano de obra. Para el primer año de ejecución del proyecto, la empresa debe prestar el servicio de repotenciación de estructuras a 60 obras. Según los datos obtenidos en el análisis de mercado y el crecimiento de servicios prestados por año, la empresa inicialmente contará con personal operacional subcontratado a un tercero, el cual se solicitará para cada proyecto específico según la cantidad de personal requerida y los tiempos de entrega que el cliente requiere.

Mano de obra Operacional: La mano de obra operacional, es decir los oficiales y ayudantes serán contratados inicialmente por obra y labor con una empresa encargada de ofrecer el servicio. El pago será global por hora, donde el costo se verá reflejado en los costos variables del servicio. Como suposición general cada proyecto requiere de una cuadrilla de trabajo (1 ayudante y 1 oficial) para prestar el servicio.

9.3.9. Tipo de sociedad. La sociedad de acciones simplificadas SAS será el tipo de sociedad seleccionada, debido a:

Es una sociedad de capitales constituida por una o varias personas naturales o jurídicas que, luego de la inscripción en el registro mercantil, se constituye en una persona jurídica distinta de su accionista o sus accionistas, y en cual los socios sólo serán responsables hasta el monto de sus aportes (Dinero, 2009).

Además, en la sociedad tipo S.A.S, los pagos a aportes se pueden diferir hasta dos años y posee una regulación flexible a diferencia de otros tipos de sociedades.

A continuación, se describen los requisitos para construir una sociedad por acciones simplificada, según la cámara de comercio en Colombia:

- Nombre, documento de identidad, domicilio de los accionistas (ciudad o municipio donde residen).
 - Razón social o denominación de la sociedad, seguida de las palabras “sociedad por acciones simplificada”, o de las letras S.A.S.
 - El domicilio principal de la sociedad y el de las distintas sucursales que se establezcan en el mismo acto de constitución.
 - El término de duración, si éste no fuere indefinido. Si nada se expresa en el acto de constitución, se entenderá que la sociedad se ha constituido por término indefinido.
 - Una enunciación clara y completa de las actividades principales, a menos que se exprese que la sociedad podrá realizar cualquier actividad comercial o civil, lícita. Si nada se expresa en el acto de constitución, se entenderá que la sociedad podrá realizar cualquier actividad lícita.
 - El capital autorizado, suscrito y pagado, la clase, número y valor nominal de las acciones representativas del capital y la forma y términos en que éstas deberán pagarse.
 - La forma de administración y el nombre, documento de identidad y las facultades de sus administradores. En todo caso, deberá designarse cuando menos un representante legal.
- (Camara de comercio, 2017)

Requisitos de la DIAN

Se requiere del registro único tributario RUT, para la consecución se piden de los siguientes documentos según la DIAN:

- Original del documento de identificación (CC, Pasaporte o tarjeta de extranjería)
- Certificado mercantil

- Documentación con autenticación de firma de interesados.

Datos obtenidos (DANE, 2018)

Para la legalización de la empresa, se debe consultar primero que todo, si el nombre que se quiere está disponible, de lo contrario se debe modificar ya que no es permitido que dos empresas compartan misma razón social. Otros trámites que se deben considerar son:

- Presentar acta de constitución y estatutos de la sociedad en notaria.
- Firma de escritura pública.
- Obtener NIT o número de identificación tributaria.
- Apertura de cuenta bancaria.
- Cumplimiento de las normas de uso del suelo.
- Registro empresarial.

Datos obtenidos (Camara de comercio, 2018)

9.3.10. Aspectos administrativos.

9.3.10.1. Vinculaciones. El personal seleccionado para los puestos de: gerente de proyecto, ingeniero calculista, auxiliar de ingeniería, vendedor técnico, recepcionista y aseo estará vinculado a la empresa con un contrato inicialmente a término fijo de un año. Posterior al año transcurrido se realiza una evaluación personal de cada uno de los trabajadores y podrán ser vinculados a término indefinido.

El contrato a término indefinido permite generar en el empleado una mayor confianza en la empresa y sensación de estabilidad que pueden generar una motivación adicional y a su vez, mayor rendimiento en el trabajo.

El personal operacional (oficiales y ayudantes) encargados de ejecutar en sitio la aplicación de la fibra de carbono y sus componentes será externo a la empresa y no contarán con un contrato directo con la empresa. Se solicitará el servicio por medio de un tercero cada que se requiera.

Si al realizar una evaluación en la ejecución del proyecto se observa que los contratos adquiridos para la instalación de la fibra de carbono por la empresa son continuos se evaluará contratar personal operacional de tiempo completo.

9.3.10.2. Reclutamiento. El proceso de reclutamiento idóneo para la ejecución del proyecto de forma adecuada requiere poder identificar personal con deseo de pertenecer al proyecto, experiencia específica y un adecuado trabajo en equipo basado en el respeto hacia los demás.

Para esto se realiza:

- Entrevista personal
- Prueba Psicológica
- Prueba técnica y razonamiento lógico
- Examantes médicos

9.3.10.3. Selección. Paso siguiente se realizará la selección del personal, basado en la calificación de las pruebas, las cuales tendrán un peso en el resultado final: entrevista (30%), prueba psicológica (30%) y prueba técnica y razonamiento lógico (40%). La selección será de

forma cuantitativa basada en los resultados de las pruebas seleccionadas y así evitar contratar personal por empatía personales.

9.3.10.4. Tipos de contrato. Vinculación inicial: Contrato a término fijo con prestaciones sociales a un año. Vinculación +1 año: Contrato a término indefinido con prestaciones sociales.

9.3.10.5. Definición de cargos. Gerente general: Encargado de cumplir con las funciones base de un gerente de proyectos; control de ejecución, seguimiento y plan financiero, manejo de recursos humanos, análisis de riesgos, entre otros. Encargado de realizar el proceso de compras y nacionalización de insumos importados. Ingeniero civil o estructural con posgrado en alta gerencia o gerencia de proyectos con experiencia mínima de 5 años en proyectos de infraestructura. Debe tener conocimiento sobre: Microsoft Project, Excel, Work y Risk.

Ingeniero estructural: Personal con experiencia y conocimiento teórico sobre la fibra de carbono y sus propiedades. Encargado de resolución de problemas técnicos, realización de informes, memorias de cálculo de fibra de carbono sobre elementos estructurales y no estructurales y apoyo técnico para el equipo de ventas. Ingeniero civil con especialización en análisis estructural con mínimo 2 años de experiencia y manejo de inglés fluido. Debe manejar SAP 2000, Excel, Work y AutoCAD.

Auxiliar de ingeniería: Encargado de apoyar al ingeniero estructural en la ejecución de memorias de cálculo, modelos matemáticos e informes y encargado de llevar la base de datos sobre el material disponible en el almacén. Se requiere para el cargo un ingeniero civil con 6 meses de experiencia en obra de infraestructura. Debe manejar los siguientes programas: Work, Excel, AutoCAD, y SAP 2000.

Vendedores técnicos: Encargados de vender y ofrecer el servicio de repotenciación de estructuras con fibra de carbono a las empresas constructoras y proyectos que se ejecutan en el país, además de ofrecer asesoría técnica sobre los productos. Debe tener conocimiento en mercadeo (Mínimamente diplomado) y una carrera profesional, técnica o tecnológica relacionada con la construcción. Ingeniero civil, ingeniero industrial o ingeniero mecánico con experiencia mínima en ventas de productos técnicos para la construcción de 1 año. Debe manejar Microsoft office.

Recepcionista: Encargado de archivar documentos de los proyectos, recibir llamadas, correos electrónicos generales, recibir a los clientes e informar a gerente, ingeniero y vendedores sobre citas planeadas. Debe ser bachiller y una experiencia como recepcionista de mínimo 6 años, además debe estar certificada en curso de inglés B2. Debe tener conocimiento en Excel (base de datos) y Work.

Personal de aseo: Debe asear los lugares de trabajo y almacén todos los días, además de atender reuniones, clientes y personal de oficina con bebidas y pasabocas. Debe ser bachiller y debe tener una experiencia mínima de 3 años en aseo de oficinas o industria.

Contador: Representante de llevar y manejar la contabilidad de la empresa con capacidad para realizar informes internos cada mes y un informe contable de la compañía cada 6 meses. Encargado de realizar pagos de impuestos y requerimientos legales de la empresa, además de asesor en términos legales. Tecnólogo en contaduría pública con experiencia mínima de 1 año en empresas de construcción.

9.3.10.6. Salarios. El salario está compuesto por tres partes, salario base que recibe el empleado, factor prestacional y subsidio de transporte si el salario base no supera dos salarios mínimos vigentes.

El salario base representa el valor económico que recibe el empleado mensualmente (incluido 8% de aporte a salud social y pensión).

El FM representa el factor prestacional representado por: Prima 8,33%, cesantías 8,33%, interés de cesantías 1%, vacaciones 4,17%, aporte a la salud 8,5%, aporte a la pensión de 12% y riesgo laboral 5 del 8,6%, los aportes parafiscales (SENA e ICB) que anteriormente correspondían al 9% no se deben aportar para empleados que devenguen menos de 10 salarios mínimos vigentes según la reforma tributaria, ley 1607 de 2012 (Enlace operativo, 2018). Requisitos que debe pagar el empleador según las obligaciones legales del país. El “transporte” representa el valor de subsidio de transporte legal establecido para el año 2018. Datos obtenidos de la Alcaldía de Medellín. (Alcaldia de Medellin, 2010)

El incremento de los salarios a través de los años de evaluación del proyecto estará fluctuando según la proyección que se espera para el país en el año respectivo.

Tabla 16 Cuadro de salarios

CARGO	SALARIO BASE	FM	TRASPORTE	SALARIO TOTAL	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Gerente general	\$ 4.500.000	1,51	\$ -	\$ 6.795.000	1	\$ 6.795.000
Ingeniero calculista	\$ 4.200.000	1,51	\$ -	\$ 6.342.000	1	\$ 6.342.000
Auxiliar de ingeniería	\$ 1.100.000	1,51	\$ 88.211	\$ 1.749.211	1	\$ 1.749.211
Vendedor técnico	\$ 1.550.000	\$ 2	\$ -	\$ 2.340.500	3	\$ 7.021.500
Personal de la recepción	\$ 850.000	1,51	\$ 88.211	\$ 1.371.711	1	\$ 1.371.711
Personal de aseo	\$ 781.242	1,51	\$ 88.211	\$ 1.267.886	1	\$ 1.267.886
Contador	\$ 1.059.007	1,51	\$ 88.211	\$ 1.687.312	1	\$ 1.687.312
Total						\$ 26.234.620

9.3.10.7. Organigrama

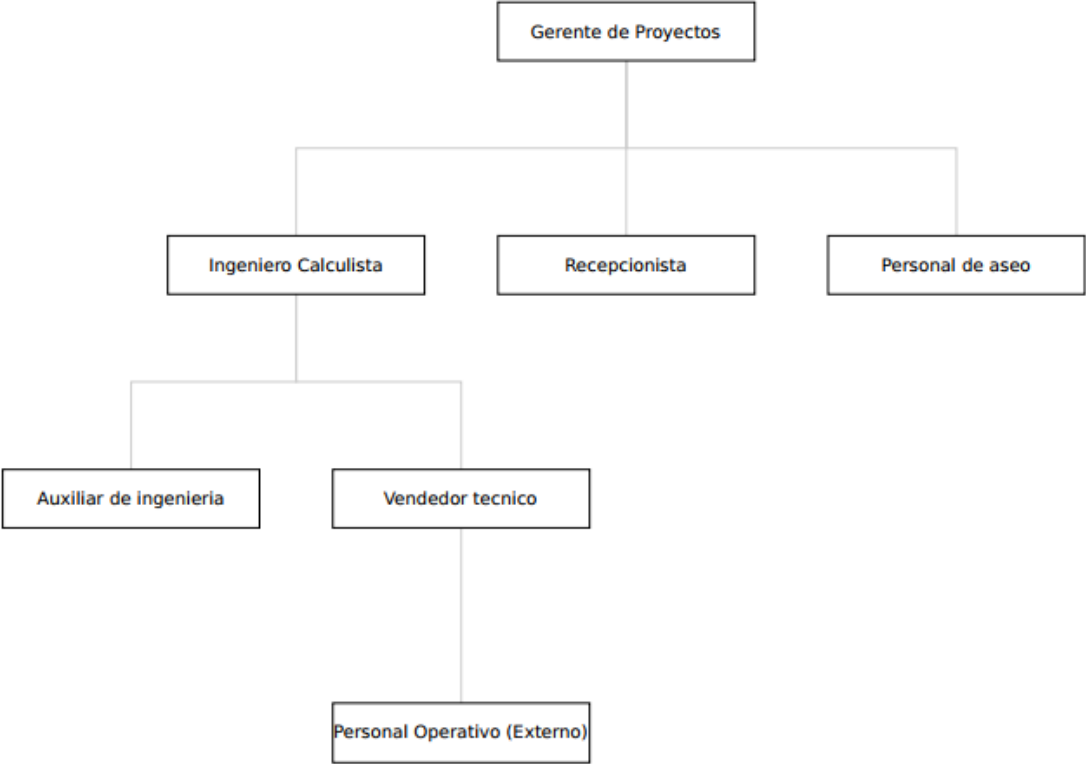


Ilustración 24 Organigrama proyecto

9.3.11. Inversiones y financiación. Se presenta la gráfica con las inversiones que se deben realizar para la ejecución del proyecto, con el proveedor seleccionado, la cantidad y el costo.

Tabla 17 Inversiones del proyecto

PROVEEDOR	EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Falabella	Computadora de escritorio HP 23.8" Pentium	1	\$ 1.349.990	\$ 1.349.990
Falabella	Computadora de escritorio LENOVO 21.5" A8	1	\$ 1.799.990	\$ 1.799.990
Falabella	Notebook ASUS 15.6" Celedon	1	\$ 799.900	\$ 799.900
Falabella	Notebook ASUS	4	\$ 1.429.900	\$ 5.719.600
Falabella	Impresora multifuncional CANON	2	\$ 259.990	\$ 519.980
Fotón	Mini Truck cargo box DC EURO V	1	\$ 39.990.000	\$ 39.990.000
Homecenter	Archivador INDUSTRIAS CRUZ 3 gavetas	2	\$ 429.900	\$ 859.800
Homecenter	Escritorio Nápoles madera aglomerada	5	\$ 219.000	\$ 1.095.000
Homecenter	Centro de trabajo en L Madera aglomerada	1	\$ 529.900	\$ 529.900
Homecenter	Mesa de juntas	1	\$ 719.900	\$ 719.900
Homecenter	Silla gerencia memory con brazos negra	1	499000	499000
Homecenter	Silla ejecutiva Evo gris tapizada con brazos	12	\$ 259.000	\$ 3.108.000
Microsoft	Microsoft 360	2	\$ 300.000	\$ 600.000
TOTAL				\$ 57.591.060

La siguiente tabla representa la programación para la realización de las inversiones a través de los años de evaluación del proyecto. En las columnas se muestra el listado de las inversiones necesarias, mientras las filas y de color gris se muestra el año en el cual se debe realizar la inversión.

Los equipos de cómputo, impresora y todos los equipos tecnológicos usados en el proyecto tienen una vida útil de 3 años, se requiere hacer la inversión en el año 0 y posteriormente una nueva inversión en el año 3. El vehículo para el proyecto tiene una vida útil de 5 años, para el análisis del proyecto que se evaluará igualmente a 5 años solo será necesario realizar la inversión en el año 0. Los muebles y sillas tienen una vida útil de 10 años, no requiere reinversión en el periodo de evaluación. El software, por el contrario, tiene una vida útil de 1 año así que es necesario comprar la licencia para trabajar cada año.

Tabla 18 Programación de inversiones

PROVEEDOR	EQUIPO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Falabella	Computar de escritorio HP 23.8" Pentium						
Falabella	Computar de escritorio LENOVO 21.5" A8						
Falabella	Notebook ASUS 15.6" Celedon						
Falabella	Notebook ASUS						
Falabella	Impresora multifuncional CANON						
Fotón	Mini Truck cargo box DC EURO V						
Homecenter	Archivador INDUSTRIAS CRUZ 3 gavetas						
Homecenter	Escritorio Nápoles madera aglomerada						
Homecenter	Centro de trabajo en L Madera aglomerada						
Homecenter	Mesa de juntas						
Homecenter	Silla gerencia memory con brazos negra						
Microsoft	Microsoft 360						

9.3.12. Capital de trabajo. El capital de trabajo es el monto de recursos económicos necesarios que requiere el proyecto para operar de forma adecuada: La repotenciación de estructuras con fibra de carbono requiere como capital, un monto igual a los costos totales (costos fijos y costos variables) equivalentes a un mes de trabajo.

Se requiere el monto equivalente a un mes de costos totales debido a que prestar el servicio es una labor personalizada y a diferencia de un producto donde se diseña, ejecuta, transporte y posteriormente se vende, el servicio al ser ofrecido y negociado con los clientes requiere de un anticipo (Generalmente 50%) para así, comenzar con la ejecución de la actividad de repotenciación con fibra de carbono.

Para este tipo de actividades en la construcción, el proceso consta de: contratan, generar un anticipo para la compra del material y posteriormente (15 días a 2meses) ejecutar la actividad. Por consiguiente, se considera un capital de trabajo acorde a los costos totales de un mes, inferior a otro tipo de proyectos donde puede ser dos o hasta tres meses de los costos totales.

Tabla 19 Capital de trabajo

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022
		\$	\$	\$	\$	\$
Capital de trabajo	293.456.702	333.048.206	387.375.446	456.888.732	532.022.390	
Inversión de capital	\$ 293.456.702	\$ 39.591.504	\$ 54.327.240	\$ 69.513.286	\$ 75.133.659	-\$ 532.022.390

9.3.13. Alternativa de financiación. Se presentan dos alternativas para el financiamiento del proyecto: Inversionistas, el cual aportarían 40% del monto total de la inversión; y un préstamo con Bancolombia con una tasa de crédito empresarial del 9,92% para 5 años, el cual aportaría el 60% restante del monto a invertir. (Superfinanciera, 2017)

9.3.14. Costos y gastos administrativos. Las inversiones y los salarios quizás son los gastos administrativos más relevantes para tener en cuenta, asimismo los que requieren una mayor supervisión y control para determinar si el proyecto es viable o inviable. Además, existen otros costos que se deben analizar para evitar datos distorsionados que modifiquen el balance financiero del proyecto.

El personal de ventas estará encargado de realizar una promoción técnica para la venta del servicio, en cambio el ítem de publicidad establecido en costos administrativos será una actividad subcontratada a un tercero para el manejo de redes sociales y realización de publicidad física.

Tabla 20 Costos administrativos

Ítem	Cantidad	Unidad	Valor unidad	Valor total
Salarios	1	UN/MES	\$ 26.234.620	\$ 26.234.620
Arriendo	1	UN/MES	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
Servicio público básicos	1	UN/MES	\$ 340.000	\$ 340.000
Internet y teléfono	1	UN/MES	\$ 145.000	\$ 145.000
Publicidad	1	UN/MES	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
Papelería	1	UN/MES	\$ 600.000	\$ 600.000
			Total	\$ 31.719.620

Los gastos administrativos irán fluctuando según la proyección de la inflación para el país en cada año respectivamente.

9.3.15. Conclusión general análisis técnico. En el análisis técnico se determina la localización apropiada para desarrollar el proyecto de forma adecuada, Caldas Antioquia es seleccionada por su cercanía a los puertos terrestres, costo de arrendamiento y servicios de inmuebles, cercanía

con los clientes y cercanía con el mercado potencial de proyectos que se desarrollan en Antioquia. El local apropiado debe tener un lugar para prestar el servicio de ventas, uno de ingeniería, una oficina de gerencia general y un espacio para almacenar los suministros.

Para el primer año de servicio el proyecto debe prestar el servicio de repotenciación a 60 clientes, cada uno con un promedio de venta 163,2m². Para lograr prestar el servicio en perfectas condiciones se requiere de un gerente general que lidere el equipo, un ingeniero calculista, un auxiliar de ingeniería, tres vendedores técnicos, un recepcionista y una persona de aseo. Cada uno con funciones específicas con un contrato a término fijo.

Las inversiones que se requieren son principalmente los inmuebles para la oficina y los computadores con software de los vendedores, recepcionista e ingenieros. Además, se requiere un pequeño camión el cual cuenta con cabina de 4 puestos para transportar los insumos al lugar de trabajo como el personal operacional para ejecutar dicha labor.

10. Evaluación del proyecto

10.1. Evaluación financiera

10.1.1. Balance general y variable. Para la evaluación financiera del proyecto se tuvo en cuenta 5 años para determinar la viabilidad o inviabilidad económica del proyecto, donde se realizó un análisis a fondo del sector de la construcción en el país, el mercado potencial, la oferta presente en el sector y los factores técnicos.

La inflación que se tuvo en cuenta para el estudio y con la cual se analizaron las variables de costos, precio, salarios administrativos, entre otros es la proyección anual presentada por Bancolombia del año 2017 al 2022.

La tasa de impuesto con la cual se trabajo es de 34% la cual es equivalente para Colombia en los años 2017 y 2018. (Impuestos para empresas, 2017).

La tasa libre de riesgo es de: 6,91% (bvc, 2016)

Rendimiento del mercado igual a: 10,51% (Portafolio, 2006).

El Beta perteneciente al sector de la construcción según Damoradan.com es 1,31 (Damoradan, 2017)

A continuación, se presenta una gráfica con el balance general de los ingresos, demanda, costos fijos, costos variables, inversiones, depreciación de las inversiones y el capital de trabajo. Variables fundamentales para desarrollar el flujo de caja del proyecto.

AÑO	INICIO 2017	2018	2019	2020	2021	2022
Periodo	0	1	2	3	4	5
Demanda en m2		9780,77254	10851,91989	12030,97883	13317,94935	14712,83145
Precio		\$ 396.709	\$ 410.120	\$ 435.292	\$ 469.218	\$ 499.244
Ingresos	\$ -	\$ 3.880.120.493,57	\$ 4.450.589.386,11	\$ 5.236.988.836,00	\$ 6.249.021.557,17	\$ 7.345.292.825,42
Costos variables						
Costo variable unitario		\$ 321.124,43	\$ 331.980,04	\$ 352.355,65	\$ 379.818,42	\$ 404.123,00
Total costo variable	\$ -	\$ 3.140.844.984,00	\$ 3.602.620.788,32	\$ 4.239.183.314,66	\$ 5.058.402.492,61	\$ 5.945.793.611,11
Costo fijo						
Administración (Salarios)		\$ 314.815.442,40	\$ 325.833.982,88	\$ 338.541.508,22	\$ 350.898.273,27	\$ 362.653.365,42
Arriendo		\$ 38.400.000,00	\$ 39.744.000,00	\$ 41.294.016,00	\$ 42.801.247,58	\$ 44.235.089,38
Servicios publicos basicos		\$ 4.080.000,00	\$ 4.222.800,00	\$ 4.387.489,20	\$ 4.547.632,56	\$ 4.699.978,25
Internet y telefono		\$ 1.740.000,00	\$ 1.800.900,00	\$ 1.871.135,10	\$ 1.939.431,53	\$ 2.004.402,49
Publicidad		\$ 14.400.000,00	\$ 14.904.000,00	\$ 15.485.256,00	\$ 16.050.467,84	\$ 16.588.158,52
Papeleria		\$ 7.200.000,00	\$ 7.452.000,00	\$ 7.742.628,00	\$ 8.025.233,92	\$ 8.294.079,26
Costo fijo total	\$ -	\$ 380.635.442,40	\$ 393.957.682,88	\$ 409.322.032,52	\$ 424.262.286,70	\$ 438.475.073,31
COSTO TOTAL		\$ 3.521.480.426,40	\$ 3.996.578.471,20	\$ 4.648.505.347,18	\$ 5.482.664.779,31	\$ 6.384.268.684,42
Inversiones						
Computar de escritorio HP 23.8" Pentium	\$ 1.349.990,00			\$ 1.349.990,00		
Computar de escritorio LENOVO 21.5" A8	\$ 1.799.990,00			\$ 1.799.990,00		
Notebook ASUS 15.6" Celedon	\$ 799.900,00			\$ 799.900,00		
Notebook ASUS	\$ 5.719.600,00			\$ 5.719.600,00		
Impresora multifuncional CANON	\$ 519.980,00		\$ 519.980,00			
Mini Truck cargo box DC EURO V	\$ 39.990.000,00					
Archivador INDUSTRIAS CRUZ 3 gavetas	\$ 859.800,00					
Escritorio Napoles madera aglomerada	\$ 1.095.000,00					
Centro de trabajo en L Medera aglomerada	\$ 529.900,00					
Mesa de juntas	\$ 719.900,00					
Silla gerencia memory con brazos negra	\$ 499.000,00					
Silla ejecutiva Evo gris tapizada con brazos	\$ 3.108.000,00					
Microsoft 360	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00
Total inversion	\$ 57.591.060,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 10.789.460,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00
Depreciación						
Computar de escritorio HP 23.8" Pentium	\$ 449.996,67	\$ 449.996,67	\$ 449.996,67	\$ 449.996,67	\$ 449.996,67	\$ 449.996,67
Computar de escritorio LENOVO 21.5" A8	\$ 599.996,67	\$ 599.996,67	\$ 599.996,67	\$ 599.996,67	\$ 599.996,67	\$ 599.996,67
Notebook ASUS 15.6" Celedon	\$ 266.633,33	\$ 266.633,33	\$ 266.633,33	\$ 266.633,33	\$ 266.633,33	\$ 266.633,33
Notebook ASUS	\$ 1.906.533,33	\$ 1.906.533,33	\$ 1.906.533,33	\$ 1.906.533,33	\$ 1.906.533,33	\$ 1.906.533,33
Impresora multifuncional CANON	\$ 173.326,67	\$ 173.326,67	\$ 173.326,67	\$ 173.326,67	\$ 173.326,67	\$ 173.326,67
Mini Truck cargo box DC EURO V	\$ 7.998.000,00	\$ 7.998.000,00	\$ 7.998.000,00	\$ 7.998.000,00	\$ 7.998.000,00	\$ 7.998.000,00
Archivador INDUSTRIAS CRUZ 3 gavetas	\$ 85.980,00	\$ 85.980,00	\$ 85.980,00	\$ 85.980,00	\$ 85.980,00	\$ 85.980,00
Escritorio Napoles madera aglomerada	\$ 109.500,00	\$ 109.500,00	\$ 109.500,00	\$ 109.500,00	\$ 109.500,00	\$ 109.500,00
Centro de trabajo en L Medera aglomerada	\$ 52.990,00	\$ 52.990,00	\$ 52.990,00	\$ 52.990,00	\$ 52.990,00	\$ 52.990,00
Mesa de juntas	\$ 71.990,00	\$ 71.990,00	\$ 71.990,00	\$ 71.990,00	\$ 71.990,00	\$ 71.990,00
Silla gerencia memory con brazos negra	\$ 49.900,00	\$ 49.900,00	\$ 49.900,00	\$ 49.900,00	\$ 49.900,00	\$ 49.900,00
Silla ejecutiva Evo gris tapizada con brazos	\$ 310.800,00	\$ 310.800,00	\$ 310.800,00	\$ 310.800,00	\$ 310.800,00	\$ 310.800,00
Microsoft 360	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00
Total	\$ -	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67
Valor de desecho						
Computar de escritorio HP 23.8" Pentium					\$ -	
Computar de escritorio LENOVO 21.5" A8					\$ -	
Notebook ASUS 15.6" Celedon					\$ -	
Notebook ASUS					\$ -	
Impresora multifuncional CANON					\$ -	
Mini Truck cargo box DC EURO V					\$ -	
Archivador INDUSTRIAS CRUZ 3 gavetas					\$ 429.900,00	
Escritorio Napoles madera aglomerada					\$ 547.500,00	
Centro de trabajo en L Medera aglomerada					\$ 264.950,00	
Mesa de juntas					\$ 359.950,00	
Silla gerencia memory con brazos negra					\$ 249.500,00	
Silla ejecutiva Evo gris tapizada con brazos					\$ 1.554.000,00	
Microsoft 360					\$ -	
Total	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.405.800,00
Capital de trabajo	\$ 293.456.702,20	\$ 333.048.205,93	\$ 387.375.445,60	\$ 456.888.731,61	\$ 532.022.390,37	
Inversion de capital	\$ 293.456.702,20	\$ 39.591.503,73	\$ 54.327.239,66	\$ 69.513.286,01	\$ 75.133.658,76	\$ (532.022.390,37)

Ilustración 25 Balance del proyecto

10.1.2. Flujo de caja del proyecto. El monto inicial que se requiere para poner en marcha el proyecto es \$351.047.762,2 pesos correspondiente a las inversiones (\$57.591.050) y al capital de trabajo requerido (293.456.702,2). Para este proyecto en particular el capital de trabajo es evidentemente superior a las inversiones, debido a que la materia prima requerida representa un costo significativo en el total del proyecto, además las inversiones son bajas ya que no se requiere maquinaria, ni equipos costosos.

La financiación del proyecto estaría dividida en dos partes: Préstamo bancario, el cual representaría el 60%; y capital de inversionistas, el cual representaría el 40% restante.

AÑO	INICIO 2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Periodo	0	1	2	3	4	5						
FLUJO DE CAJA												
Ingresos	\$ -	\$ 3.880.120.493,57	\$ 4.450.589.386,67	\$ 5.236.988.837,13	\$ 6.249.021.556,96	\$ 7.345.292.821,90						
Egresos	\$ -	\$ 3.534.156.073,07	\$ 4.009.256.334,21	\$ 4.661.188.226,91	\$ 5.495.339.610,50	\$ 6.396.952.185,14						
Costo variable	\$ -	\$ 3.140.844.984,00	\$ 3.602.623.004,66	\$ 4.239.190.547,73	\$ 5.058.401.677,13	\$ 5.945.801.465,17						
Costo fijo	\$ -	\$ 380.635.442,40	\$ 393.957.682,88	\$ 409.322.032,52	\$ 424.262.286,70	\$ 438.475.073,31						
Depreciacion y amort.	\$ -	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67						
Utilidad sin Imp.	\$ -	\$ 345.964.420,50	\$ 441.333.052,46	\$ 575.800.610,22	\$ 753.681.946,47	\$ 948.340.636,75						
Impuesto	\$ -	\$ 117.627.902,97	\$ 150.053.237,84	\$ 195.772.207,47	\$ 256.251.861,80	\$ 322.435.816,50						
Utilidad con Imp.	\$ -	\$ 228.336.517,53	\$ 291.279.814,62	\$ 380.028.402,74	\$ 497.430.084,67	\$ 625.904.820,26						
Depreciacion y amort.	\$ -	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67	\$ 12.675.646,67						
FLUJO DE CAJA OPERACIONAL	\$ -	\$ 241.012.164,20	\$ 303.955.461,29	\$ 392.704.049,41	\$ 510.105.731,34	\$ 638.580.466,92						
Inversiones	\$ 57.591.060,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 10.789.460,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00						
Recuperacion Inversion	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.405.800,00						
Inv. Capital de trabajo	\$ 293.456.702,20	\$ 39.591.688,43	\$ 54.327.657,72	\$ 69.512.615,30	\$ 75.134.381,22	\$ -						
Recuperacion inv. Capital trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 478.820.740,39						
FLUJO DE CAJA PROYECTO	\$ (351.047.762,20)	\$ 200.820.475,77	\$ 249.027.803,57	\$ 312.401.974,11	\$ 434.371.350,12	\$ 1.120.207.007,31						
Prestamo	\$ 210.628.657,32	\$ (48.345.715,26)	\$ (49.511.201,00)	\$ (50.792.302,93)	\$ (52.200.490,16)	\$ (53.748.369,57)						
F.C. Inversionistas	\$ (140.419.104,88)	\$ 152.474.760,50	\$ 199.516.602,56	\$ 261.609.671,19	\$ 382.170.859,95	\$ 1.066.458.637,74						

Ilustración 26 Flujo de caja del proyecto

Préstamo bancario. El préstamo bancario se realizaría por el 60% del monto inicial con el cual se debe inyectar el proyecto, equivalente a \$210.628.657,32 pesos, con una tasa de interés del 9,92% de Bancolombia y sería por un periodo de 5 años.

Tabla 21 Préstamo bancario

PRESTAMO BANCARIO	
N (Periodos)	5
T. interés	9,92%
VP	\$ 210.628.657,32
Cuota	\$ 55.449.798,62

Flujo de caja de la deuda la cual se pagaría en 5 cuotas anuales iguales de \$55.449.798,62:

n	saldo inicial	interes	abono	cuota	saldo final	F.C	Beneficio tributario	FC
0	\$ 210.628.657,32				\$ 210.628.657,32	\$ 210.628.657,32	\$ -	\$ 210.628.657,32
1	\$ 210.628.657,32	\$ 20.894.362,81	\$34.555.435,81	\$55.449.798,62	\$ 176.073.221,51	(\$55.449.798,62)	\$ 7.104.083,35	\$ (48.345.715,26)
2	\$ 176.073.221,51	\$ 17.466.463,57	\$37.983.335,04	\$55.449.798,62	\$ 138.089.886,46	(\$55.449.798,62)	\$ 5.938.597,62	\$ (49.511.201,00)
3	\$ 138.089.886,46	\$ 13.698.516,74	\$41.751.281,88	\$55.449.798,62	\$ 96.338.604,58	(\$55.449.798,62)	\$ 4.657.495,69	\$ (50.792.302,93)
4	\$ 96.338.604,58	\$ 9.556.789,57	\$45.893.009,04	\$55.449.798,62	\$ 50.445.595,54	(\$55.449.798,62)	\$ 3.249.308,46	\$ (52.200.490,16)
5	\$ 50.445.595,54	\$ 5.004.203,08	\$50.445.595,54	\$55.449.798,62	\$ -	(\$55.449.798,62)	\$ 1.701.429,05	\$ (53.748.369,57)

Ilustración 27 Flujo de caja de la deuda

10.1.3. Flujo de caja del inversionista. El flujo de caja del inversionista es equivalente a la diferencia entre el flujo de caja del proyecto y el préstamo. Para el periodo 0, ingresa el préstamo bancario el cual reduce el monto económico que deben poner los inversionistas y para los siguientes periodos, donde el flujo de caja es positivo se debe destinar un dinero para cancelar la cuota del préstamo.

FLUJO DE CAJA PROYECTO	\$ (351.047.762,20)	\$ 200.820.660,46	\$ 249.029.684,04	\$ 312.406.076,48	\$ 434.371.534,50	\$ 1.120.211.604,26
Prestamo	\$ 210.628.657,32	\$ (48.345.715,26)	\$ (49.511.201,00)	\$ (50.792.302,93)	\$ (52.200.490,16)	\$ (53.748.369,57)
F.C. Inversionistas	\$ (140.419.104,88)	\$ 152.474.945,20	\$ 199.518.483,04	\$ 261.613.773,55	\$ 382.171.044,33	\$ 1.066.463.234,69

Ilustración 28 Flujo de caja inversionista

10.1.4. Evaluación financiera. La evaluación financiera nos permite determinar si el proyecto es viable o inviable desde el punto de vista financiero, según los criterios establecidos anteriormente. Primero se realiza el cálculo para determinar el coste promedio ponderado de capital (CPPC) o sus siglas en ingles WACC.

Tabla 22 Calculo valor del WACC

CPPC	Participación (wi)	Cuota (ki)	Cuota* (ki*)	wi*(Ki*)
P	60%	9,90%	6,55%	3,93%
I	40%	11,60%	11,60%	4,65%
WACC				8,58%

Para determinar la viabilidad del proyecto se tienen en cuenta los siguientes criterios:

Valor presente neto (VPN): Permite conocer el retorno del flujo de caja en un periodo de tiempo determinado. Dado que el valor del VPN es superior a 0, el proyecto representa una rentabilidad para los inversionistas superior a lo esperado (WACC).

Tabla 23 Valor presente neto VPN

Valor presente neto (VPN) del proyecto	
Periodo 1-5	\$ 1.695.058.858,23
Periodo 0	-\$ 351.047.762,20
VPN	\$ 1.344.011.096,03
Resultado	Se acepta

La rentabilidad del proyecto (TIR): Permite determinar la tasa de rentabilidad a la inversión del proyecto. Dado que el valor de la TIR es superior al valor del WACC el proyecto debe ser aceptado por los inversionistas.

La rentabilidad del proyecto TIR: 78%

Índice de rentabilidad del proyecto (IR): Según el VPN y el valor del IR superior a 1.0 el proyecto es rentable y debe ser aceptado por los inversionistas.

Tabla 24 Índice de rentabilidad

Índice de Rentabilidad (IR) del proyecto	
\$ 2.298.927.703,60	
\$ 351.047.762,20	
6,55	SE ACEPTA

10.1.5. Análisis de sensibilidad. Para realizar el análisis de sensibilidad se evalúa cada variable independientemente por medio de la función en Excel “análisis y si” con el cual podemos determinar el valor extremo con los cuales el proyecto estaría en el límite de ser viable o inviable para los inversionistas.

Se evaluó la variación en el precio, en el costo variable, en la demanda, en el impuesto y en la tasa de interés en el préstamo bancario, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 25 Análisis de variables

	Proyecto	Valor limite	Diferencia
Precio	\$ 396,709.00	\$ 357,876.18	10%
Costo variable	\$ 321,124.43	\$ 359,429.19	12%
Demanda	9,780.77	4,443.11	55%
Impuesto	34%	95%	179%
Tasa interés	9.92%	186.07%	1776%

El precio mínimo con el cual el proyecto es rentable (VPN=0) es \$357,876.18, el costo variable máximo con el cual el proyecto es rentable es \$ 359,429.19, la demanda mínima con el cual el proyecto es rentable es 4,443.11 m², el impuesto máximo con el cual el proyecto es rentable es 95% y la tasa de interés máxima de la deuda con la cual el proyecto es rentable es 186.07%.

Según los datos obtenidos en el análisis de sensibilidad, la variación en el precio y los costos variables del proyecto son las variables que generan mayores cambios en la estructura financiera del proyecto. Es decir, una reducción en el precio superior a 10% o un aumento en los costos variables superiores al 13%, generarían que el proyecto sea inviable para los inversionistas.

Por el contrario, la tasa de interés en el préstamo bancario y el impuesto en el país son variables pocas significativas para el desarrollo del proyecto, ya que serían necesarios cambios poco realistas para afectar el proyecto.

10.1.6. Riesgos del proyecto. Los riesgos para la repotenciación de estructuras con el uso de la fibra de carbono, están asociados a varios factores: El sector económico de la construcción en el país, el cual determina la oferta y demanda de proyectos en ejecución y por ejecutarse; el entorno interno del equipo del trabajo, debido a la estabilidad del personal, motivación del personal y capacitaciones; el mercado internación, debido a la procedencia de materia prima necesaria para el proyecto; insumos, con calidad y tiempo de entrega; relación públicas; entre otros.

Algunos de los riesgos mas relevantes para el proyecto están reflejados en la siguiente tabla, los cuales pueden afectar la viabilidad del proyecto y de los inversionistas.

Tabla 26 Riesgos del proyecto

#	EVENTO DE RIESGO	EFECTO
1	Retrasos en el proceso de importación de los insumos	Perdida de la imagen del proyecto por incumplimiento con los tiempos establecidos con los clientes.
2	Mala calidad de los materiales adquiridos para el proceso de repotenciación	Perdida de la calidad del servicio prestado. Disminución en la demanda del proyecto ante lo planteado. Costos adicionales ocasionados por re procesos de actividades.
3	Disminución en la demanda de proyectos de infraestructura en el país.	Disminución en la demanda de clientes, lo que conlleva a disminución en los ingresos del proyecto.
4	Aumento desproporcionado en el valor del dólar con respecto al peso colombiano	Aumento en los costos variables del servicio. Pérdida del mercado de la repotenciación con fibra de carbono, respecto a otros procesos.
5	Rotación por retiros del personal de ventas técnicas del servicio	Perdida de cartera de potenciales clientes. Aumento en los costos de capacitación del personal.

Nota: Riesgos potenciales del proyecto

10.1.7. Conclusión evaluación financiera. El proyecto de repotenciación de estructuras con fibra de carbono se analizo para un periodo de 5 años, basado en los estudios de mercado, precio, costos fijos y variables, inversiones y análisis técnico se desarrolló el flujo de caja del proyecto. La financiación se realiza por medio de dos fuentes; Crédito bancario con una tasa de 9,92%, el cual sería del 60% del monto total y capital de inversionistas, el cual sería del 40% restante.

El análisis de viabilidad del proyecto que se verificó por medio del valor presente neto (VPN), índice de rentabilidad del proyecto (IR) y rentabilidad del proyecto (TIR) determino por cada uno de ellos que el proyecto es rentable para los inversionistas, debido a que la tasa de recuperación de la inversión es mayor al WACC y el valor presente de los periodos del flujo de caja es superior a 0.

Por medio del análisis de sensibilidad se determinó el impacto del cambio de las variables en los resultados de rentabilidad del proyecto.

11. Conclusión general del proyecto

Basado en los datos obtenidos en: el análisis sectorial, datos históricos, presentes y proyección futura del sector de la construcción en el país; Análisis del mercado, con estimación de oferta, demanda, precios, costos y plaza del servicio; análisis técnico, con caracterización del producto, micro localización, inversión requerida y financiación; y evaluación financiera del proyecto, determinando flujo de caja, flujo de caja de inversionistas y análisis de variación de variables, se determinó la viabilidad del proyecto con un VPN igual a \$1,344,002,947.

Para el proyecto los costos variables representan gran parte de los costos totales, principalmente por el valor de la fibra de carbono, materia prima principal para prestar el servicio, debido a que debe ser importada directamente por la empresa desde Europa y el valor fluctúa según la variación de la moneda internación con relación al peso. Por otro lado, los costos fijos representan únicamente el 10,8% de los costos totales y la inversión inicial el 1,6%, porcentajes relativamente bajos debido a la poca infraestructura y administración que se requiere para desarrollar el proyecto.

Debido al alto monto de los costos variables del proyecto, el capital de trabajo necesario para operar es igual a \$ 293, 456,702.20 para el periodo cero, acorde al valor de los costos totales en un mes de operación, debido a que se requiere mantener una reserva de materia prima y sostener gastos administrativos a pesar de un pago anticipado por los clientes.

12. Recomendaciones

El proyecto para la repotenciación y adecuación de elementos estructurales o no estructurales con fibra de carbono es una metodología poco usada en el sector de la construcción en el país, por consiguiente, los datos históricos acerca del precio, demanda, oferta y el comportamiento del mismo es escaso y se requiere recurrir a métodos similares, distribuidores actuales y análisis segregados de los insumos para obtener valores cercanos a la realidad.

El servicio en la actualidad tiene un mercado potencialmente expandible, debido a que un porcentaje de los profesionales en el gremio no tienen conocimiento sobre las propiedades del material y los beneficios en tiempo/calidad que esto trae. Por consiguiente, es importante para el éxito del proyecto estar cerca a los principales constructores del país.

Es fundamental tener un control adecuado sobre los costos variables del proyecto y el precio del servicio; Debido al alto costo de la fibra de carbono como insumo primordial la variación de estos ítems puede generar cambio en la viabilidad del proyecto y el crecimiento que se evidencia en el estudio.

13. Anexos

- Entrevista “USO DE LA FIBRA DE CARBONO EN LA CONSTRUCCION” para determinar la demando potencial:

https://docs.google.com/forms/d/1pbcVl1qpALBdIfur_9MiYlKvMVS0nr2qPx5w2r4-pWM/edit

- Hojas de cálculo, análisis de mercado y datos del DANE: ..\Google Drive\Gerencia de proyectos\Proyecto de grado\MERCADO.xlsx
- Hoja de cálculo evaluación financiera: ..\Google Drive\Gerencia de proyectos\Proyecto de grado\ETAPAS FINALES\EVALUACION FINANCIERA.xlsx

14. Bibliografía

- Alcaldía de Medellín. (2010). *Medellin.gov*. Obtenido de Licitaciones y contratación : https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/PortalMedPRD/licitaciones_y_contrataciones/Concurso_Meritos/SecObrasPublicas/0020001262/2.%20Etapa%20Precontractual/Factor%20Multiplicador.pdf
- Banco de occidente. (2016). *Analisis Macroeconomico y sectorial*. Bogota.
- Baron, D. L. (2004). *Mejoramiento de estructuras mediante el sistema de refuerzo de adhesion externa de cintas de FRP*. Tunja: Universidad Pedagogica y tecnologica de Colombia.
- Beltran, A. (2011). *Repository*. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15435/T40.11B419u.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bonilla, M. (2011). *AUDITool*. Recuperado el 25 de Julio de 2017, de <https://www.auditool.org/blog/sector-gobierno/282-el-papel-de-la-interventoria-en-la-contratacion-estatal>
- bvc. (2016). *bvc-Mercados*. Obtenido de http://bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/enlinea/rentafija?com.tibco.ps.pagesvc.renderParams.sub5d9e2b27_11de9ed172b_-
- Camacol. (2017). *Camacol*. Obtenido de http://www.camacolantioquia.org.co/comites_intro.php?parent=4
- Camacol. (2017). *Camacol*. Obtenido de <http://www.camacolantioquia.org.co/comites.php>
- Camara de comercio. (2017). *Camara comercio*. Obtenido de Tramites de registros publicos: <http://www.ccc.org.co/tramites-de-registros-publicos/como-crear-empresa/documento-de-constitucion/>
- Camara de comercio. (12 de Enero de 2018). *Camaramedellin.com.co*. Obtenido de Servicios empresariales: <http://www.camaramedellin.com.co/site/Servicios-Empresariales/Herramientas-Empresariales/Administracion/Crear-empresa-en-10-pasos.aspx>
- Carbosystem. (2018). *Carbosystem*. Obtenido de Fibra de carbono: <http://carbosystem.com/fibra-de-carbono-2/>
- Consejo Colombiano de seguridad. (17 de 05 de 2017). *Consejo Colombiano de seguridad*. Obtenido de http://ccs.org.co/salaprensa/index.php?option=com_content&view=article&id=385:2014-construccion&catid=256&Itemid=786
- Constitucion politica de Colombia. (2017). *Constitucion politica de Colombia- Historia*. Obtenido de <http://www.constitucioncolombia.com/historia.php>
- Damoradan. (2017). *Damoradan*. Obtenido de Finanzas: http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/data.html

- DANE. (14 de AGOSTO de 2017). *dane.gov.co*. Obtenido de Estadísticas :
<http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/licencias-de-construccion>
- DANE. (12 de Enero de 2018). *DANE.gov.co*. Obtenido de
https://www.dian.gov.co/descargas/ayuda/guia_rut/content/docrequeridos1.htm
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2011). *Sectores de la economía*. Bogota. Obtenido de DANE.com.
- Dinero. (19 de 02 de 16). *Dinero*. Obtenido de Importaciones en Colombia:
<http://www.dinero.com/economia/articulo/importaciones-de-colombia-en-diciembre-de-2015/219581>
- Dinero. (2009). *Revista Dinero*. Obtenido de Dinero: <http://www.dinero.com/negocios/articulo/sas-tipo-sociedad-usado-colombia/84554>
- Dominguez, A. (Mayo de 2009). *Portafolio*. Obtenido de
<http://www.portafolio.co/economia/finanzas/mercado-cemento-colombia-alejandro-ramirez-vigoya-418926>
- Ecured. (Febrero de 2018). *Ecured*. Obtenido de Diseño estructural:
https://www.ecured.cu/Dise%C3%B1o_estructural
- Elizalde, R. (22 de Mayo de 2014). *Prezi*. Obtenido de Prezi-materiales epoxicos:
<https://prezi.com/ffetjtzl0xur/materiales-epoxicos/>
- Endesa Energy. (2017). *Endesa educa*. Obtenido de
http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-transporte-de-electricidad/xv.-la-red-electrica
- Enlace operativo. (Enero de 2018). *Enlace operativo*. Obtenido de Reforma tributaria:
<http://www.enlaceoperativo.com/noticia/reforma-tributaria-exoneracion-de-aportes-a-salud-sena-e-icbf/>
- Enrique, L. (10 de Septiembre de 2011). *Shideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/arquigil/7-comparacion-luis-enrique-aycardi>
- Equipo ARQHYS. (2012). Los Prefabricados. *ARQHYS*, 12. Obtenido de
<http://www.arqhys.com/construccion/los-prefabricados.html>
- Florez, G. (13 de Octubre de 2016). *Portafolio*. Obtenido de <http://www.portafolio.co/economia/asi-esta-la-construccion-en-colombia-501002>
- FREMAP. (2017). *YACARLA*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/YACARLA/manual-de-seguridad-y-salud-en-construccion>
- Gabriel Florez. (30 de Noviembre de 2016). *El Tiempo*. Obtenido de Perspectiva sector de la construcción: <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/perspectivas-swector-constructor-colombia-31869>

- Garcia, L. H. (16 de Febrero de 2015). *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n41/n41a13.pdf>
- Hernandez, G. (2011). *Universidad Autonoma de Nueva Leon*. Obtenido de <http://www.uanl.mx/noticias/investigacion/los-materiales-polimericos.html>
- Hsu, T., Punurai, W., & Zhang, Z. (2003). *Concrete*. Obtenido de <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/i/12586.aspx>
- Impuestos para empresas. (12 de Septiembre de 2017). *Impuestos para empresas*. Obtenido de Obligaciones tributarias: <https://impuestosparaempresas.blogspot.com.co/2017/09/obligaciones-tributarias-para-empresas.html>
- INGEOMINAS. (2009). INGEOMINAS. *Deformaciones cuaternarias de Colombia*.
- JY INGENIERIA. (2016). *Hoja de vida JY*. Bogota.
- Mariano. (18 de 11 de 2011). *TECNOLOGIA DE LOS PLASTICOS*. Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/11/fibra-de-carbono.html>
- Mesa, J. R. (2009). *Universidad de Antioquia*. Obtenido de <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/coyuntura/article/view/5266/4627>
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (Marzo de 2010). *Camacol*. Obtenido de Camacol/Informacion tecnica: <https://camacol.co/informacion-tecnica/nsr-10>
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial-Norma NRS-10. (23 de 06 de 2017). *Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo*. Obtenido de <http://www.actiweb.es/jorgeluisguesso/archivo1.pdf>
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorio. (2010). NRS-10 . *Norma sismorresistente colombiana 2010* (págs. A-26). Bogota: COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES.
- Ministerio de proteccion social. (Diciembre de 2009). *Ministerio de proteccion social*. Obtenido de Ministerio de proteccion social: http://www.achc.org.co/documentos/investigacion/estadisticas_sector/externas/ESTADISTICAS%20MINPROTECCION/28.EVOLUCION_DEL_PIB_E_OINFLACION_EN_COLOMBIA,_2000-2009.pdf
- Miravete, A. (2001). *Materconstrucc*. Obtenido de Universidad de Zaragoza: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/352/400>
- Obs bussines school. (2018). *Obs bussines school*. Obtenido de Elementos claves de la ingenieria de proyectos: <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/ingenieria/elementos-clave-en-la-ingenieria-de-proyectos>
- Ocampo, J. (2017). *Banco de la republica cultural*. Obtenido de Banco de la republica cultural: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/economia/histecon/histecon9a.htm>

- Perez, A. (2005). *Docentes unal*. Obtenido de <http://www.docentes.unal.edu.co/afperezm/docs/TesisMaestria.pdf>
- Perez, J., & Merino, M. (2010). *Definicion*. Obtenido de <http://definicion.de/proveedor/>
- Pizarro, A. (2012). *Reforzamiento sismico, resumen*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/alejandrapizarrotecnica/home/retrofit-sismico/retrofit-antisismico>
- Portafolio. (2006). *Portafolio*. Obtenido de Rentabilidad del mercado: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/rentabilidad-mercado-accionario-304572>
- Portafolio. (2009). Colombia entre 1990 y 2008. *Portafolio*.
- Rangel, R. (2011). *exeedu*. Obtenido de Estudio de la resistencia mecanica de materiales compuestos polimericos reforzados con fibra de carbono: http://www.exeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/2011/Vol2/Nro4/9-ACI1071-11-full.pdf
- Rivera, N. (17 de Mayo de 2017). *El tiempo*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/analisis-sobre-las-vias-4g-en-colombia-88972>
- Rodriguez, S. (Mayo de 2015). *La Republica*. Recuperado el 10 de Agosto de 2017, de La republica: <https://www.larepublica.co/empresas/las-10-constructoras-mas-importantes-de-2014-2256431>
- Rojas, J. (26 de 04 de 2009). *Norma de sismoresistencia*. Obtenido de blogspot: <http://jbtr.blogspot.com.co/2009/04/norma-de-sismoresistencia.html>
- Semana. (15-07-2002). Hechos 1998-2002. *Semana*, 1.
- Sobrinio, J., & Gomez, M. (2003). Criterios de diseño para refuerzo de estructuras con materiales compuestos con fibra de carbono. *Ingenieria, Universidad de los Andes*. Obtenido de C:\Users\User\Downloads\483-1446-1-SM.pdf
- Superfinanciera. (15 de 12 de 2017). *Superfinanciera*. Obtenido de Superfinanciera: <https://www.superfinanciera.gov.co/Superfinanciera-Tasas/generic/activeInterestRates.seam>
- Tecnoav. (2012). *Tecnoav*. Obtenido de <http://www.tecnoav.cl/wp-content/uploads/2012/02/f6.jpg>
- Tirado, J. (2017). *Construirtucasa*. Obtenido de http://construirtucasa.com/el_constructor.html
- Vasco, P. (2011). *Guia para analisis y diseño estructural de edificios de hormigon armado*. Obtenido de Academia: https://www.academia.edu/8180956/GUIA_PARA_EL_ANALISIS_ESTRUCTURAL_DE_EDIFICACIONES
- Vega, J. (2006). *Centro de desarrollo economico del recinto universitario de Mayaguez*. Obtenido de Upru- Los estudios de viabilidad para negocios: http://www.upru.edu/cde/public_main/Informes_Articulos/articulos/ArticuloViabilidad.pdf
- Word Reference. (05 de 01 de 2018). *Wordreference.com*. Obtenido de Diccionario : <http://www.wordreference.com/definicion/>