



**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE
SUELO CEMENTO INSITU, EN OBRAS DE LA CONSTRUCORA ESTRUCTURAR.**

ADELAIDA MARÍA OSORNO

DANIEL PELÁEZ MEDINA

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

2020



**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE
SUELO CEMENTO INSITU, EN OBRAS DE LA CONSTRUCORA ESTRUCTURAR.**

ADELAIDA MARÍA OSORNO

DANIEL PELÁEZ MEDINA

Trabajo presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor

SANTO ALFONSO HINESTROZA PALACIO

Magister en Desarrollo Sostenible y Medioambiente

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

2020

Contenido	
TÍTULO.....	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	4
1 FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	5
2 JUSTIFICACIÓN.....	6
3 OBJETIVOS.....	8
4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
5 MARCO DE REFERENCIA	10
5.1 Estado Del Arte.....	10
5.2 Marco Teórico.....	12
5.3 Marco Conceptual.....	16
6 MARCO METODOLÓGICO.....	17
6.1 Tipo de investigación a desarrollar	17
6.2 Diseño de la investigación	17
6.3 Método y pasos de la investigación.....	18
7 ENTREGA, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PROYECTO.....	19
8 USUARIOS POTENCIALES Y SECTORES BENEFICIADOS	20
9 FORMULACIÓN DEL PROYECTO.....	21
9.1 Análisis sectorial.....	21
9.2 Composición del sector.....	21
9.3 Análisis Mercado	25
9.4 Análisis técnico.....	30
9.5 Análisis administrativo	39
9.6 Análisis administrativo	41
10 EVALUACIÓN DEL PROYECTO	44
11 LISTAS.....	49
11.1 Lista de tablas	49
11.2 Lista de ilustraciones	50
12 BIBLIOGRAFIA.....	51

TÍTULO

Estudio de prefactibilidad para la fabricación de bloques de suelo cemento insitu, en las obras de la constructora Estructurar

RESUMEN

Este trabajo entrega elementos sobre implementación del uso de los bloques de suelo cemento (BSC) que permitan evaluar su utilidad en una obra civil comparándolo con los ladrillos de arcilla cocida tradicionales.

El análisis del comportamiento del sector de la construcción, el cual refleja incremento de ventas y alto control de la adjudicación de licencias constructivas, lo cual facilita el desarrollo de nuevos productos con altos estándares de calidad y con responsabilidad ambiental.

ABSTRACT

This work provides elements on the implementation of the use of cement soil blocks (BSC) that allow evaluating its usefulness in a civil work by comparing it with clay bricks traditional.

The analysis of the behavior of the construction sector, which reflects increased sales and high control over the award of construction licenses, which facilitates the development of new products with high quality standards and environmental responsibility.

1 FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad la construcción en general está alineada con los objetivos de desarrollo sostenible ODS de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2015, p. 2), con la finalidad de generar los menores impactos negativos al medio ambiente, por el contrario, generar impactos positivos en la sociedad en general.

El uso de los bloques de suelo cemento en obras actualmente, se basa la comparación de los costos de estos versus los materiales tradicionales para la construcción, teniendo presente que ambos cumplen las condiciones básicas de seguridad y calidad tal como le evidencia (Arteaga, Medina, & Gutierrez, 2011)

Adicional, el impacto positivo para el medio ambiente dada la reducción de la explotación de recursos naturales y generación de residuos de la construcción (Bedoya, 2011). Aunque la industria ladrillera ha mejorado los procesos para hacerlos más eficientes y amigables con el medio ambiente, como se evidencia en el informe (Corporación Ambiental Empresarial (CAEM), 2015)

Por lo anterior, es necesario definir ¿Qué tan factible será desde el punto de vista financiero la fabricación de bloques de suelo cemento insitu, en las obras de la constructora Estructurar?

2 JUSTIFICACIÓN

El crecimiento de las ciudades principales, ya sea por el crecimiento de la población actual o por de la migración a estas, requiere que la cantidad de unidades habitacionales aumente, al igual que el dinamismo de la economía genera crecimiento de la industria, lo anterior va relacionado con el aumento de la construcción sea inevitable, debido al constante incremento de la población, se debe desarrollar este bajo parámetros sostenibles ambientalmente, que propicien la armonía entre la construcción y el medio, aumentando el uso de materiales reciclados, reutilizados y renovables.

La tierra como material de construcción posee todas las ventajas desde el punto de vista ambiental, teniendo en cuenta la disponibilidad de la materia prima, la baja cantidad de energía transferida, bajo calor generado y fácilmente reutilizable o reciclable, adicional el bajo consumo energético por el secado en condiciones atmosféricas normales.

Una de las variables más importantes de estas piezas es que presenta una reducción de los costos totales haciéndolos más asequibles. Esto se debe a la eliminación de los costos generados por el transporte de los materiales y de residuos

También se concibe la idea de que la textura final del ladrillo permita un acabado integral tanto en su interior como en su exterior, permitiendo así ahorrar costos en los acabados (revoque, estuco y pintura).

Los estudios realizados a los bloques de tierra comprimida dan como resultado que estos cumplen con los estándares de resistencia, bajo la norma NTC 5324, tal como lo expresan los autores (Arteaga et al., 2011, p. 13)

3 OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar un estudio de prefactibilidad para la fabricación de los bloques en suelo cemento para ser usados como elemento estructural en las obras de la constructora Estructurar.

Objetivos Específicos

- Realizar estudio de mercado para identificar la oferta y demanda de los bloques de suelo cemento.
- Elaborar el estudio técnico que permita identificar la infraestructura y los equipos requeridos para la fabricación de los bloques de suelo cemento insitu.
- Identificar requisitos legales y administrativos para la fabricación de los Bloque Suelo Cemento.
- Evaluar financieramente el proyecto considerando el Costo Anual Uniforme Equivalente.

4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La elaboración del proyecto de prefactibilidad de la fabricación de bloques de suelo cemento insitu, requiere el uso de información relacionada con los estudios de mercado, técnico, administrativo, legal y financiero. Desde el punto de vista de los estructuradores del proyecto existen una serie de limitaciones para el desarrollo de prefactibilidad, las cuales se relacionan a continuación:

No se cuenta con los recursos financieros necesarios para la realización de las pruebas en laboratorio para realizar los análisis técnicos de los BSC. Para ello, se trabajará con parámetros técnicos estandarizados constructora Estructurar.

Desconocimiento de los bloques de suelo cemento por la sociedad, por lo tanto, tiene poca aceptación y uso.

No se tiene La disponibilidad de maquinaria en modo de alquiler para realizar pruebas de fabricación.

La no Disponibilidad de información de un modelo de negocio basado en los BSC es muy poca, existen documentos de carácter exploratorio sobre la metodología para fabricación de estos bloques.

5 MARCO DE REFERENCIA

5.1 Estado Del Arte

En la actualidad existen diversos procesos de producción de los bloques como elemento estructural para la construcción de obras civiles con elementos minerales, el proyecto está enfocado en el proceso de producción de bloque de suelo cemento, este tiene como finalidad usar la tierra, especialmente la resultante de excavaciones para los cimientos de una construcción, y con la opción de adicionar cemento portland siempre y cuando la calidad de la tierra usada lo requiera para darle la firmeza y resistencia necesaria para que la obra a realizar cumpla la normatividad vigente.

En las bases de datos consultadas se encontraron las siguientes referencias de investigaciones realizadas sobre este método de producción.

Tabla 1. Referencias del estado del arte

Autor	Descripción	Cita
Fernando Galindez	Plantea la teoría de producir los BTC sin adicionar cemento soportado por las pruebas realizadas con 3 tipos de tierras arcillosas y 3 presiones de compactación diferentes. Y la reducción del costo por la eliminación del cemento como materia prima.	(Galíndez, 2007)
Inti Martínez	Realiza el análisis para determinar el impacto ambiental de la producción de los bloques de tierra comprimida	(Martinez, 2012)
Francisco Gómez	Expone el caso práctico de construir una vivienda con bloques de tierra comprimida, teniendo presente análisis en laboratorio del comportamiento de los suelos	(Gomez, 1987)
Mariana Gatani	Analizan los beneficios que tiene el uso de la tierra para la producción de bloques. Los bloques de suelo cemento dan como resultado de sus prebas que tiene características técnicas y duración superior a los ladrillos de arcilla cocida tradicionales.	(Gatani, 2000)

José Toirac Corral	La mezcla entre el suelo y el cemento como material de construcción, es la técnica mas antigua, y en la actualidad es una solución que permite optimizar costos.	(Corral, 2008)
Godofredo Edgar Choque Ruelas	El adobe de suelo cemento como elemento constructivo que disminuya los costos y su producción practica, asegura calidad y bajos precios.	(Choque Ruelas. Godofredo Edgar & Huaman Meza, 2009)

Fuente: Elaboración propia

5.2 Marco Teórico

Para llevar a cabo el estudio de prefactibilidad para la fabricación de los bloques es necesario tener presente los estudios básicos del proyecto como el análisis sectorial, de mercado, técnico, administrativo, legal y financiero.

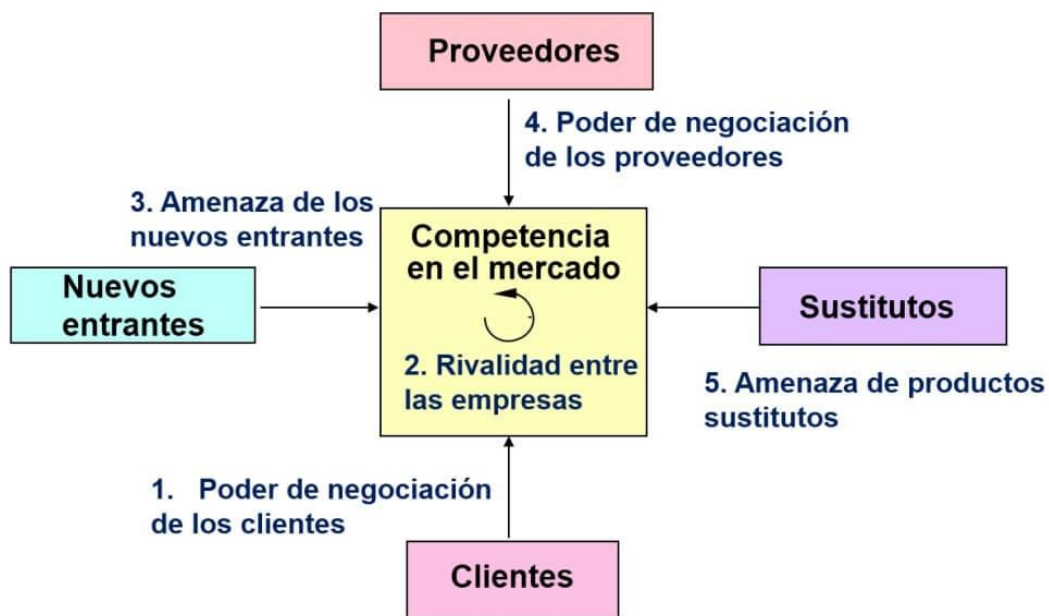
Análisis sectorial

Para desarrollar el análisis sectorial se deben aplicar la 5W, que caracteriza el sector, como funciona, cuantos actores hay, quién decide y lidera, y porque tienes las propiedades y no otras, El estudio debe hacerse teniendo en cuenta el macro y micro entorno.

El análisis macro debe implementar el modelo PESTEL (Trenza, 2018), con el cual permitirá identificar las variables externas e incontrolables, como son los aspectos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, medioambientales y legales.

Y el micro debe identificar las variables que en ciertos momentos se pueden controlar, para esto se usará las cinco fuerzas de Porter cliente objetivo, estudio de la competencia, barreras de entrada, productos sustitutos y proveedores. (2019)

Ilustración 1. Diagrama de las cinco Fuerzas de Porter



Fuente: web 5 fuerzas de Porter

Análisis de mercado

Este análisis se basa en el estudio de algunas variables que condicionan el resultado del proyecto, por ejemplo, la tasa de crecimiento, el PIB, los precios de los productos sustitutos, complementarios o competitivos, etc. Se debe identificar si el entorno es local, regional, nacional o externo. Y con esto definir las condiciones de los insumos requeridos, se debe

determinar disponibilidad, origen, precio, usos alternativos; y con esto determinar si existen riegos en la consecución y suministro de insumos.

Es importante identificar características del producto tales como quien, y como usa, presentación, composición, características físicas, producto principal y secundarios incluso desechos, sustitutos, complementarios, si es bien de capital, intermedio o final, fuentes de abastecimiento, distribución y precio.

Entendiendo el sector y el mercado actual, se estima la demanda del mercado, la cual es insumo para el análisis técnico y tecnológico. (Miranda, 2010) y se debe tener presente que el método para obtener la información debe de ser objetivo y sistemático y esta debe ser útil para la investigación. (Baca, 2013)

Análisis técnico

Miranda expone que el análisis técnico determina cuatro aspectos el tamaño, localización, localización, ingeniería y cronograma de ejecución.

El tamaño: Indicará la capacidad de producción en la vigencia del proyecto, esta deberá estar indicada bajo la unidad de medida que indique producción por unidad de tiempo, puede ser diaria, semanal, mensual, semestral o anual. Y estará condicionada por el presupuesto para inversiones, área disponible, participación del mercado, etc. Y el resultado del tamaño en comparación a la demanda indicara tres tipos de capacidades, la diseñada, la instalada y la utilizada. (2010)

La localización: Se determina en 3 niveles, macro, micro y localización definitiva. La primera define la región o regiones aptas teniendo presente criterios como el costo del transporte, disponibilidad y precios de los insumos, ubicación de los clientes, infraestructura disponible, condiciones de vida, clima, políticas de desarrollo e incentivos tributarios, entre otros. Con esta definida, se da un escoge uno o varios sectores dentro de las regiones seleccionadas teniendo presente los criterios del precio de la tierra.

Análisis financiero

Con el propósito de identificar los costos de producción de los bloques de suelo cemento para realizar la comparación con los costos de los ladrillos de arcilla tradicionales, se debe tener presente los estudios de mercado, técnico y legal. (Miranda, 2010)

Las obtenciones de los costos del proyecto requieren que sean analizados bajo el uso de precios corrientes, esto significa que las proyecciones incluyen el valor de la inflación actual y estimado en el futuro. (2010)

Los costos asociados al proyecto están consignados en el presupuesto general, y deben estar relacionados con cada uno de los paquetes de trabajo establecidos en la EDT. (Gido & James, 1999)

Análisis administrativo

Es necesario y obligatorio realizar la investigación para determinar las disposiciones legales y económicas del sector y del producto dado pueden existir impuestos, subsidios, tarifas especiales, cuotas y cupos de importación, disponibilidad de crédito, incentivos fiscales, normas sanitarias y de seguridad, etc (2010)

5.3 Marco Conceptual

Para el correcto entendimiento es necesario indicar algunos conceptos.

Bloque de suelo cemento, son bloques similares a los ladrillos, se fabrican presionando la mezcla de tierra con cemento adicionado, en una prensa, a cambio de los ladrillos de arcilla que son cocidos en horno de alto consumo y baja transformación de la energía utilizada en su cocción. La prensa utilizada en este proceso tiene diversos nombres dados los fabricantes, las más conocidas del mercado son la Cinvaram y Gracoram, estas pueden ser neumáticas o hidráulicas y de funcionamiento manual o automático.

6 MARCO METODOLÓGICO

6.1 Tipo de investigación a desarrollar

La metodología por utilizar en la investigación es explicativa con enfoque descriptivo. La investigación explicativa se define como aquella que busca dar respuesta a los fenómenos alrededor del objeto de estudio. Y el enfoque descriptivo lo refuerza dado su propósito que busca especificar las propiedades y/o características de los fenómenos. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

6.2 Diseño de la investigación

- Variables objetos de estudio:
 - Costo de producción de ladrillos tradicionales
 - Costo de producción de BSC
 - Costo de maquinaria
 - Costos de mantenimiento de maquinaria
 - VPN del proyecto
- Diseño de la muestra: Nuestra fuente de información es el arquitecto constructor Carlos Mauricio Bedoya Montoya, autor del libro Construcción sostenible para volver al camino.
- Diseño de instrumentos. El instrumento que se utilizara es una entrevista con el arquitecto.

6.3 Método y pasos de la investigación

Los puntos por realizar para desarrollar la investigación son:

La primera fase tiene como finalidad dar respuesta al objetivo # 1, identificar:

- a. Demanda
- b. Oferta
- c. Costos de producción de los ladrillos tradicionales
- d. Costos de producción de los BSC

En la segunda fase se detallan los procesos para el desarrollar el objetivo 2, investigando el mercado actual de maquinaria disponible para fabricar BSC y definir los siguientes aspectos:

- e. Maquinas a utilizar
- f. Fabricante de las maquinas
- g. Costos de las maquinas
- h. Servicio posventa del fabricante

La tercera fase tiene como finalidad dar respuesta al objetivo # 3, se deben identificar los aspectos:

- a. Requisitos legales
- b. Requisitos administrativos

La última etapa indicará como se logra el objetivo 4, permitiendo conocer la viabilidad financiera

- a. CAUE

7 ENTREGA, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PROYECTO

El trabajo se entregará de manera digital al equipo de docentes, jueces y directivos indicados, con el propósito de aportar material disponible para la investigación alrededor de los bloques de suelo cemento a nivel local, nacional e internacional.

8 USUARIOS POTENCIALES Y SECTORES BENEFICIADOS

El trabajo de investigación tiene como usuario potencial a los estudiantes de ingeniería civil o arquitectura que busquen desarrollar obras con elementos con enfoque sostenible, validaciones de elementos estructurales modernos, etc. Adicional está el sector constructor interesado en usar nuevos elementos estructurales.

9 FORMULACIÓN DEL PROYECTO

9.1 Análisis sectorial

A continuación, se realizará el análisis del sector de la construcción teniendo presente la composición y comportamiento del sector en el país.

9.2 Composición del sector

El gremio de los constructores colombianos se desarrollan en dos frentes, la edificación que tiene como finalidad brindar soluciones de vivienda, y las obras civiles de infraestructura estas se desagregan en públicas y privadas, que pueden ser de carácter comercial, industrial y gubernamental.

Adicionalmente, este para este sector es fundamental tener en cuenta las industrias que se relacionan en forma indirecta o directa con la construcción, como las de fabricación de porcelana sanitaria, las ladrilleras, las cementeras, las de terminados en madera, las de pinturas, las de acero, etc.

En Latinoamérica, Colombia tiene un valor esperado de USD 23 miles de millones en 2018, convirtiéndolo en el tercer mercado de construcción más grande.

El Gobierno Nacional de Colombia, actualmente tiene cuatro programas de vivienda, Casa Ya, Casa Ahorro, programa casas gratis y subsidios de créditos, mostrando un fuerte apoyo al crecimiento de este sector y en cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU.

En el sector de la construcción en la ciudad de Medellín sobresalen 3 empresas AIA Arquitectos e ingenieros asociados, Constructora Colpatria y Arquitectura y concreto.

9.2.1 Situación histórica del sector

El sector de la construcción tiene un tendencia de crecimiento y expansión cíclica, y presenta condiciones favorables como la contracción directamente entre productores y consumidores, incremento de la demanda de productos para la construcción, las bajas tasas de interés, la disponibilidad de recursos financieros, y las políticas enfocadas en un crecimiento responsable del sector y que estan alineadas a la generación de empleo.

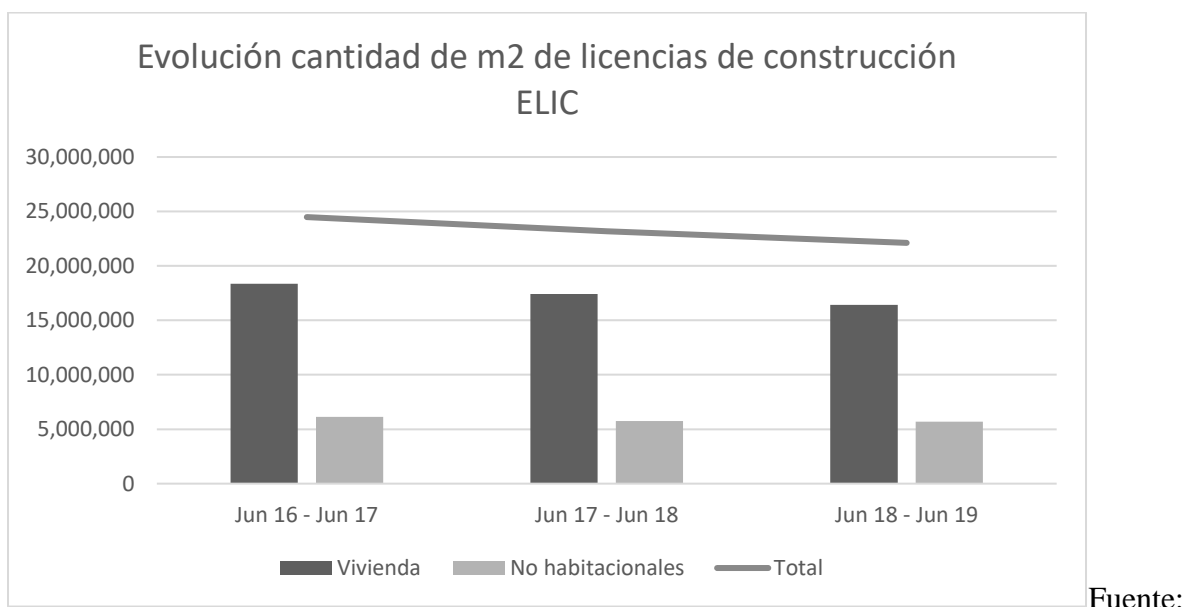
Para evitar los ciclos fuertes en la construcción no sólo se requiere de una política macroeconómica estable, sino también de empresas que tengan la capacidad de mantener niveles de producción crecientes, adopten tecnologías que disminuyan costos y aumenten la productividad, y una estructura administrativa y financiera que permita afrontar los vaivenes del sector. Éstas han demostrado ser debilidades de las empresas constructoras del país.

En 2013, el sector de la construcción demandó insumos por valor de US\$ 31 mil millones, registrando una tendencia creciente entre 2009 y 2018 con un crecimiento compuesto de 8%. El sector de la construcción demanda productos y servicios necesarios para el desarrollo de las diferentes obras y proyectos.

9.2.2 Situación actual del sector

Se representa gráficamente el comportamiento de la cantidad de m2 totales de las licencias otorgadas por año corrido de junio a junio en Colombia

Ilustración 2. Estadísticas Licencias de Construcción ELIC en metros cuadrados



DANE

9.2.3 Perspectivas del sector

Aunque el sector de la construcción en el 2018 presentó bajas en el ritmo de crecimiento, para el 2019 se espera un crecimiento importante de entre el 3.1% y el 4.1% del Producto Interno Bruto (PIB). Estudios recientes dan cuenta de una contracción de 7,6%, mientras que en el primer trimestre del año el dato fue peor: la industria cayó 8,2%, según los reportes del Dane. Todo esto terminó por entorpecer el crecimiento económico general del país, pues este sector representa 7,6% del PIB. (Dinero, 2018)

De acuerdo con cálculos de Asogras, se estima que la producción de materiales de construcción pase de 160 millones de toneladas a 320 millones en 2025. (Procolombia, 2018)

El consumo de cemento en Colombia alcanzará un valor de 15,6 millones de toneladas en 2018, representando el 7% del total de América Latina. Se estima que para 2022 el consumo de cemento sea de 19 millones de toneladas. (2018)

Con más de 16 acuerdos comerciales vigentes, Colombia tiene acceso preferencial a cerca de 1.500 millones de consumidores en mercados como Estados Unidos y la Unión Europea. Además, su ubicación geográfica privilegiada hace que el país sea una plataforma de exportación ideal para la región. (2018)

Actualmente, las construcciones empresariales y los proyectos de vivienda giran en torno a las exigencias globales en sostenibilidad, pues las empresas y las personas cada día se preocupan más por cuidar los recursos naturales. (OIKOS, 2012)

9.2.4 Conclusión general del análisis sectorial

El sector de la construcción presenta disminución en la cantidad de licencias otorgadas dada la implementación de leyes para asegurar construcción realizadas correctamente, preservando el medio ambiente y densificando las ciudades correctamente y de acuerdo con el plan de ordenamiento territorial tanto nacional, regional y local. Pero este indicador va en contravía de los resultados económicos de los actores del sector, que ven como incrementa la demanda de materiales para la construcción. Por lo tanto, se puede determinar que el sector es apto para desarrollar el proyecto.

9.3 Análisis Mercado

9.3.1 Descripción del producto o servicio

El producto a comercializar serán los bloques de suelo cemento fabricados con tierra con cemento adicionado para mejorar condiciones

9.3.1.1 Usos

El bloque de suelo cemento a elaborar se puede utilizar en obras de construcción civil, industrial o vivienda, que tengan como máximo cuatro pisos de altura o en suelos como adoquines.

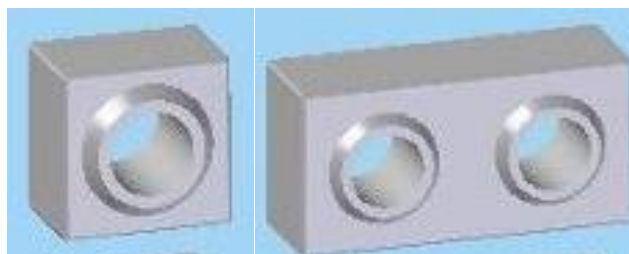
9.3.1.2 Usuarios

Los usuarios potenciales de los bloques son las constructoras y personas que tengan proyectos de remodelación o construcción de obras hasta de cuatro pisos, o en áreas abiertas como parques, aceras, etc.

9.3.1.3 Presentación

Los bloques se pueden producir de con las medidas de 30x15 y 10cm de altura, 25x12,5 y 7cm, y 40x20x10cm. El peso aproximado es de 3,8 kg por unidad.

Ilustración 3. Tipos de bloques



Fuente: Web empresa Gracomaq s.a.s (Graco, 2019)

9.3.1.4 Composición

El bloque de suelo cemento tiene la presentación por unidades individuales, y la cantidad total dependerá de los requerimientos de la obra a desarrollar.

La composición física de los bloques se detallará en el estudio técnico.

9.3.1.5 Características físicas

Los componentes microscópicos ideales de la tierra para que sea apta para la producción de bloque de suelo cemento deben estar dentro de estos parámetros:

Graba:	5 a 15 %
Arena:	40 a 70 %
Arena impalpable o limos:	1 a 15 %
Acilla:	10 a 30 %

En los casos donde los valores estén fuera de parámetros, se debe de usar cemento para ajustar los porcentajes.

9.3.1.6 Sustitutos

Los sustitutos para los bloques de suelo cemento en el mercado se encuentran los bloques de arcilla cocida, concreto y plástico.

9.3.1.7 Complementarios

Los bloques de suelo cemento pueden ser funcionales sin elementos con complementarios; sin embargo, cuando se usa en construcción de altura se requieren elementos constructivos como acero, tuberías, cableado eléctricos, madera, etc.

9.3.2 Demanda

El consumidor promedio de los bloques de suelo cemento deberá tener ciertas características básicas dadas las particularidades del producto.

Por ejemplo, por este ser un elemento necesario en la construcción, pero con un método de fabricación no convencional el consumidor debe de tener información de tendencias alternativas de fabricación, con referenciaciones cercanas que den aval de la usabilidad, garantía y resistencia del producto, adicional con una alta tendencia ambientalista o con interés de realizar construcciones eco eficientes.

9.3.3 Oferta

El proyecto se denomina como prosumista, dado que la producción será definida por la cantidad requerida por cada obra realizada por la misma constructora, y no existen empresas actualmente con este modelo, ni comercializadoras de bloques para la venta al público. Por lo tanto, se define que el mercado no cuenta con inventario disponible para los consumidores.

9.3.4 Precio

Dado el caso del proyecto donde no hay producción y mercado claro definido para satisfacer, se realiza una muestra de los precios de los elementos sustitutos a estos bloques. Se tienen los ladrillos de arcilla los cuales se pueden encontrar en el mercado colombiano entre \$ 1.000 y \$ 1.500, los macizos o catalanes, entre \$ 1.500 y \$ 3.000 y los de concreto entre \$ 2.000 y \$ 3.500, dependiendo del proveedor de la fabricación.

9.3.4.1 Determinación de las principales variables para la definición del precio

Para la producción de los bloques de suelo cemento se tiene dos variables muy importantes que definen el precio. En primer lugar, la composición y disponibilidad de la tierra, lo ideal es que esta tenga la composición previamente descrita, en el caso que no exista se deberá mejorar con adiciones de cemento, y si la cantidad obtenida por excavaciones y demás es inferior a la requerida, se debe conseguir en obras o depósitos cercanos. En segundo lugar, está el cemento, aditivo requerido para adecuar y estabilizar los componentes de la tierra y lograr que esta sea apta para la fabricación de los bloques. La disponibilidad de esta en la obra dependerá de la planeación de producción y análisis de tierras, y el precio dependerá del mercado y de las negociaciones realizadas por la constructora.

9.3.5 Plaza

Por ser prosumidor, la plaza dependerá la ubicación de las obras de la constructora Estructurar. Por lo tanto, la configuración técnica y tecnológica de la obra tendrá en cuenta el espacio para almacenamiento, adicional los equipos e insumos para transporte y fabricación de los bloques.

9.3.6 Conclusión general del análisis de mercados

Como resultado del estudio de mercado realizado no permite identificar claramente la oferta y demanda histórica, actual y proyectada para el proyecto, sin embargo, dada la estrategia de la constructora, la producción de los bloques de suelo cemento tiene una gran razón de ser, dado los posibles ahorros a obtener debido a la disminución en compra de elementos de mampostería; la condición de prosumidor le da un valor agregado y elimina las variables asociadas a los proveedores como variación de precios, disponibilidad, transporte, etc. Por lo tanto, se puede determinar que el mercado es apto para desarrollar el proyecto.

9.4 Análisis técnico

9.4.1 Localización

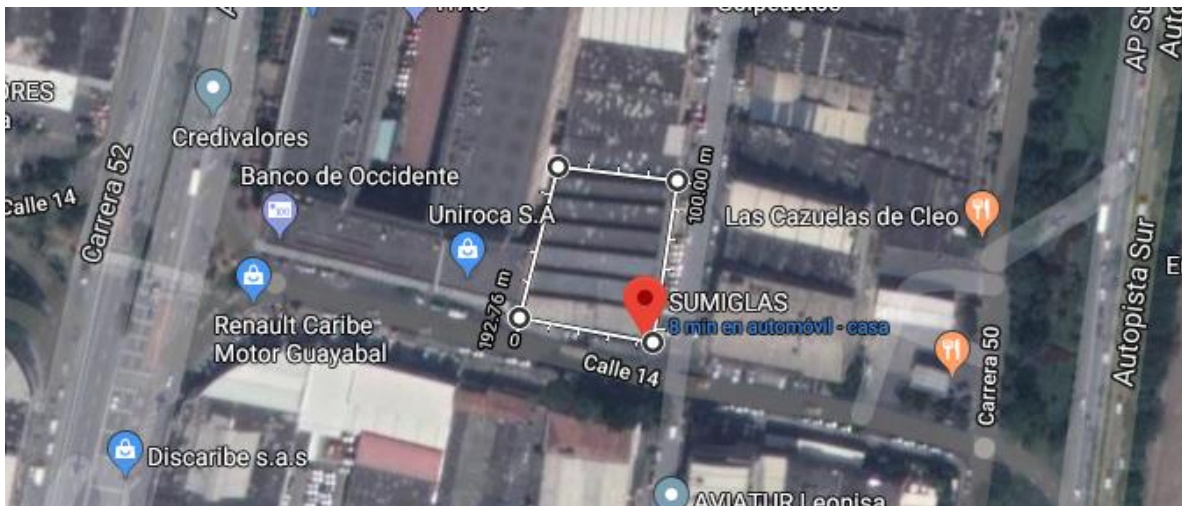
Para definir la localización de ejecución del proyecto no existe un estudio o método a desarrollar, dado que dependerá de la ubicación de las obras a desarrollar por la constructora. Para el caso de este análisis, la constructora Estructurar tiene a cargo el proyecto de construir una bodega en el sector industrial de Guayabal de la ciudad de Medellín, específicamente en la calle 14 con la carrera 51, el lote tiene un área aproximada 2.200 mt², tendrá 11 mt de altura, distribuidos en cuatro niveles, para la cual se estima una demanda inicial de 40.000 bloques para la estructura exterior y 1.000 bloques para el interior.

Ilustración 4. Ubicación general del proyecto



Fuente: Google Maps

Ilustración 5. Ubicación específica del proyecto



Fuente: Google Maps

9.4.2 Tamaño

La cantidad de bloques a fabricar para el proyecto están determinados por la capacidad instalada de la maquinaria y la disponibilidad de la materia prima y mano de obra,

Los equipos seleccionados tienen la capacidad máxima para generar 2.000 bloques diarios. Teniendo presente la productividad del 85 % se estima que la fabricación diaria será de 1.700 bloques diarios, la descripción de la maquinaria se detallará a profundidad en el apartado de ingeniería.

9.4.3 Ingeniería del proyecto

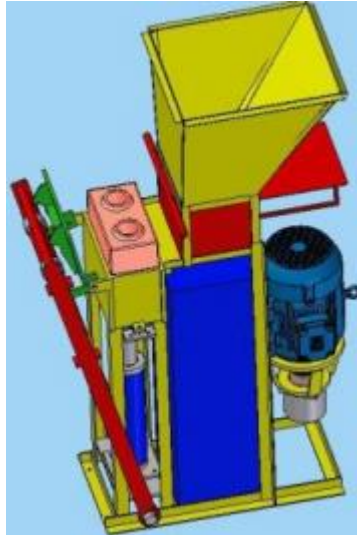
En este apartado se detallarán los aspectos técnicos requeridos para la fabricación de los ladrillos, se incluyen las máquinas, la distribución de estas y el personal requerido.

Graco Ram doble manual: Prensa hidráulica manual, capacidad para fabricar un bloque por clic, permite usar diferentes moldes para otras medidas, posee motor eléctrico monofásico de 220 voltios con 3 hp, consumo eléctrico de 3 kWh, producción máxima de 250 bloques por hora de 60 minutos de producción. Prensado por sistema hidráulico accionado por pedal, cargue de mezcla y apertura de la tapa en forma manual, extracción del adobe de forma hidráulica. Para el proyecto se requiere una unidad.

Peso: 250 kg

Medidas: 1.2 x 0.5 x 1.0

Ilustración 6. Gracoram



Fuente: Web empresa Gracomaq (2019)

Mezcladora eléctrica: Mezcladora horizontal con motor eléctrico monofásico de 220 Voltios con 5 hp, consumo eléctrico de 5,6 kwh, capacidad del balde de 0,2 m³, duración de mezcla 3 minutos, máxima mezcla por hora 3 m³.

La mezcladora tiene capacidad de procesar 3 m³ de tierra por hora, el ciclo de mezclado dura de 3 a 5 minutos. La cantidad procesada alimenta 2 prensas hidráulicas Graco Ram doble molde o 1 Graco Ram Hidráulica doble molde.

Ilustración 7. Mezcladora eléctrica



Fuente: Web empresa Gracomaq (2019)

Desterronadora eléctrica: Desterronadora eléctrica con motor eléctrico monofásico de 220 Voltios de 5 hp, consumo eléctrico de 3 kwh, capacidad de producción por hora 3 mt³, tamaño máximo de los terrones es de 15 cm en diámetro, y el resultado del material triturado puede variar entre 6 mm hasta polvo.

Peso: 250 kg

Medidas: 65x80x145cm

Ilustración 8. Desterronadora eléctrica



Fuente: Web empresa Gracomaq (2019)

Molde adobe estructural: Inserto para la Gracoram para un adobe de medidas 30x15x10cm.

Molde medio adobe estructural: Inserto para la Gracoram para un adobe de medidas 15x15x10cm.

La mano de obra requerida para lograrlo son 4 técnicos rasos, sin conocimientos especializados ni estudios avanzados, solo la capacitación de manejo de las máquinas. Y el servicio del geólogo de la constructora para hacer selección y revisiones periódicas de la tierra seleccionada, y de estar forma garantizar la calidad de los bloques a fabricar.

La distribución espacial del área de producción tiene la condición que al menos tenga un área de 60 m² en total, esto asegura espacio para la tierra dispuesta sin procesar, otros dos más pequeños para la tierra procesada y mezclada con el cemento, las tres máquinas

necesarias y por último el espacio para el secado y almacenamiento de los bloques producidos.

Ilustración 9. Distribución espacial área de producción



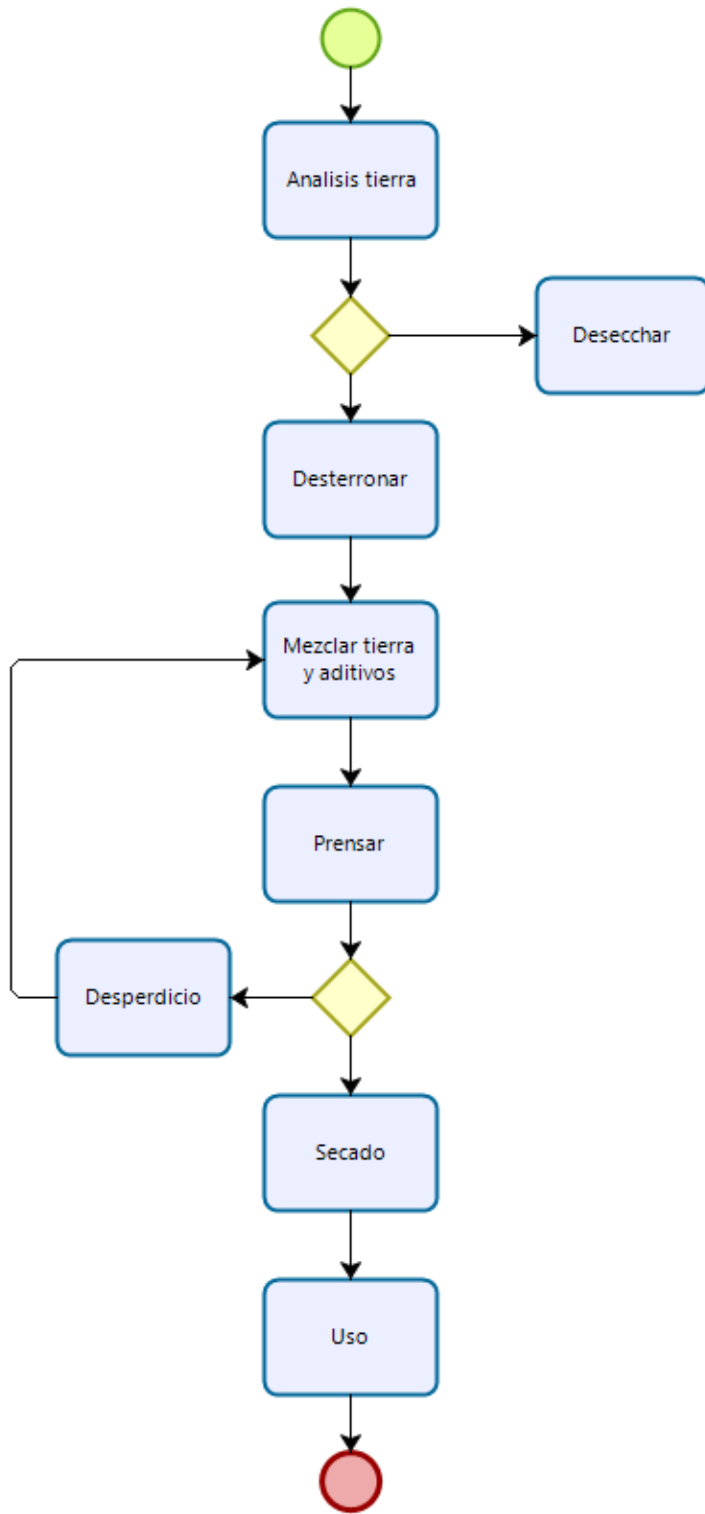
Fuente: Elaboración propia

El proceso de fabricación de los bloques de suelo cemento se inicia con la selección de la tierra a usar, lo típico es que sea la tierra resultante del proceso de excavaciones de la misma obra, pero se requiere realizar el análisis de la calidad de la tierra identificando los componentes. Una prueba recomendada, fácil y económica es el método de decantación de la botella, se trata de usar una probeta calibrada donde se agita una mezcla acuosa de la tierra seleccionada y agua, en proporción de 25 % y 75 % respectivamente, esto dará como resultado la cantidad de arena, limo y arcilla. El tiempo para el asentamiento de las partículas está entre 45 y 60 segundos. El resultado de la composición indicará el porcentaje de

cemento se debe adicionar, la tierra podrá aceptarse para continuar con el proceso si la adición de cemento es máximo 20 %, en el caso que sea mayor se desechar.

El proceso continúa asegurando que el tamaño de los terrones no sobrepase los 15 cm de diámetro, dado que este es el tamaño de la boca de entrada de la desterronadora, con la cual se logrará pulverizar la tierra con diferentes tamaños de salida según la necesidad. Con la tierra pulverizada se realiza la mezcla de esta con el cemento en la mezcladora hasta que esta sea homogénea, se debe tener presente la proporción de tierra y cemento es la ideal para asegurar la calidad, costo y resistencia necesaria de los bloques, indicada en el análisis de la tierra realizado al comienzo. Se procede a disponer la mezcla en el balde de la Gracoram, el cual se expulsa la cantidad exacta para llenar el molde a comprimir, con este lleno se procede con la compresión de la mezcla por 20 segundos, logrando así el bloque, el cual se retira manualmente para disponerlos las estibas acostados sobre una de las caras que quedarán expuestas con separaciones de 2 cm entre sí, requeridos para encomenzar el proceso de secado y curado, el cual consta los primeros dos días deben humedecerse dos veces al día, en esta instancia solo se puede apilar hasta tres filas para evitar daños, el 3^{er} y 4^{to} día solo se humedece 1 vez, a partir del quinto día no se continúa humedeciendo los bloques, y la apilación puede alcanzar hasta las 10 filas. En este estado debe permanecer 5 días dada las condiciones de la obra donde tendrá permanente aireación y escasa posibilidad de humedad, logrando así el secado perfecto para asegurar las condiciones técnicas del bloque para ser usado en la obra.

Ilustración 10. Proceso de elaboración

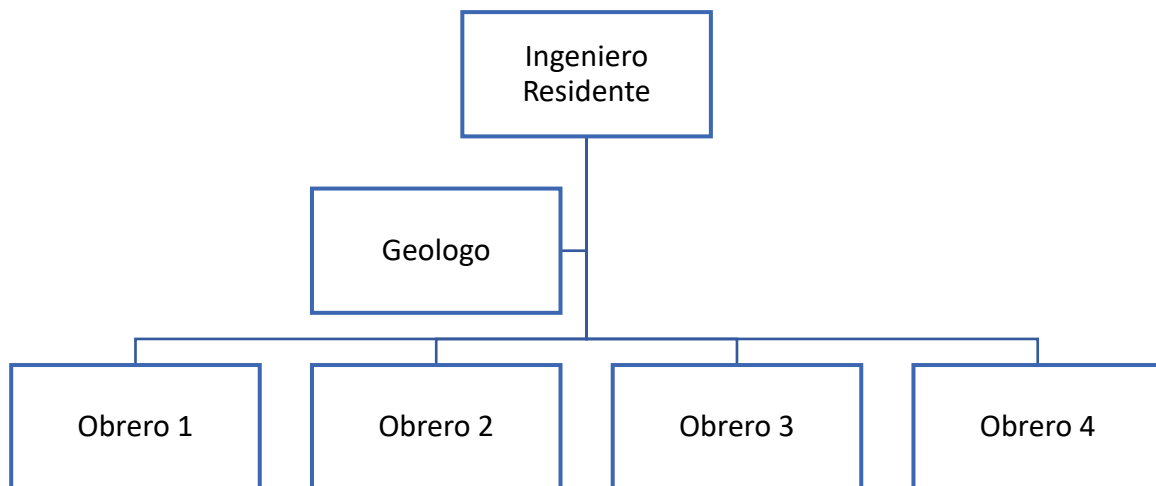


Fuente: Elaboración propia

9.5 Análisis administrativo

9.5.1.1 Organigrama

Ilustración 11. Organigrama



Fuente: Elaboración propia

9.5.2 Requerimientos de personal

Teniedo presente la naturaleza del proyecto, todos los empleados requeridos para desarrollar el proyecto ya se encuentran vinculados a la constructora que realizara la obra civil.

9.5.3 Contratación de personal

Los procesos de atracción, selección y vinculación de personal para desarrollar el proyecto se realiza con el personal vinculado a la constructora, por lo tanto, no se requiere personal adicional para la fabricación de los bloques de suelo cemento.

9.5.4 Requerimientos de equipos, software, muebles y enseres

Las herramientas requeridas para desarrollar el proyecto son:

Gracoram: Prensa semiautomática eléctrica para crear los BSC con los moldes, presión variable entre 4 y 8 kg/cm². Duración del ciclo 12 segundos. Motor eléctrico monofásico de 5 hp.

Molde: Molde metálico de 30x15 y 10 cm de altura diseñados para crear los BSC bajo presión.

Molde medio: Molde metálico de 15x15 y 10 cm de altura diseñados para crear los BSC bajo presión.

Desterronadora: Molino para reducir terrones desde 15 cm a 6 mm de diámetro, procesa 3m³/hora. Motor eléctrico monofásico de 5 hp.

Mezcladora: Realiza la mezcla homogénea de tierra y cemento con aspas con brazos de diferentes longitudes. Procesa 3m³/hora. Motor eléctrico monofásico de 5 hp.

9.5.5 Requerimientos de materiales de oficina

Dada que la condición del proyecto es ejecución in situ no se requieren materiales de oficina.

9.5.6 Requerimientos de servicios

La maquinaria seleccionada presenta un consumo estimado de 1.45 km por cada hora de trabajo y se requieren 3 conexiones a 220v.

9.6 Análisis administrativo

9.6.1 Tipo de Sociedad

Dada la naturaleza del proyecto, la sociedad ya está constituida como Constructora Estructurar.

9.6.2 Requisitos legales

Las normas vigentes que condicionan el proyecto son:

- NTC 6033 Criterios ambientales para ladrillos y bloques de arcilla.
- NTC 5324 Bloques de Suelo cemento para muros y divisiones.
- NSR 10 Reglamento colombiano de construcción sismo resistente.
- NTC 4205-3 Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos.

9.6.3 Inversiones y financiación

El detalle de las inversiones requeridas se detallará en los siguientes apartados; y la financiación del proyecto será por parte de la Constructora Estructurar, quien será quien ejecute la obra civil.

9.6.4 Inversiones fijas

A continuación, se detallan las inversiones requeridas para el proyecto

Tabla 2. Inversiones del proyecto

Detalle	Cantidad	Precio unitario 2019	Precio total 2019
Gracoram Hidráulica doble	1	\$ 60,480,000	\$ 30,450,000
Molde	2	\$ 384,000	\$ 11,900,000
Molde medio	2	\$ 192,000	\$ 11,520,000
Desterronadora	1	\$ 11,520,000	\$ 384,000
Mezcladora	1	\$ 108,800,000	\$ 192,000
Total			\$ 55,022,000

Fuente: Elaboración propia.

9.6.5 Inversiones diferidas.

Por la naturaleza del proyecto, no se tienen inversiones diferidas.

9.6.6 Capital de trabajo.

Dada la condición de financiación del proyecto no se requiere capital de trabajo para ejecutarlo.

9.6.7 Alternativas de financiación.

La constructora financiará el 100 % de la obra.

9.6.8 Presupuestos de ingresos, costos y gastos.

Presupuesto de costos y gastos para el periodo de evaluación del proyecto. 14 meses, los bloques de suelo cementos se comienzan a elaborar al sexto mes de iniciado el proyecto. Tener en cuenta el lector, que este periodo está definido por la tipología del proyecto que se

esté considerando, por lo tanto, el periodo de inicio de la fabricación de los BSC se debe de considerar dentro de la ruta crítica del proyecto.

10 EVALUACIÓN DEL PROYECTO

10.1.1 Evaluación financiera

El proyecto será evaluado con el indicador CAUE, que nos permitirá identificar el beneficio positivo o negativo de implementar el uso de los bloques de suelo cemento en cambio de los ladrillos tradicionales en la obra.

Para el análisis realizado tendremos en cuenta el WACC del 13 %, dado que es el costo del capital que utiliza la constructora.

Para aplicar la teoría del CAUE, se presentan dos alternativas de inversión mutuamente excluyentes. La primera es la fabricación de los bloques de suelo cemento y la segunda es son los bloques tradicionales de arcilla. Para ello, se presentan los flujos de caja correspondientes a cada alternativa.

Tabla 3. Flujo de de Caja Alternativa de los Bloques de Suelo Cemento

Ítem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Producción Estimada	-	-	-	-	-	15,000	15,000	15,000	-	-	-	-	-	-
Mano de Obra	-	-	-	-	-	5,200,000	5,200,000	5,200,000	-	-	-	-	-	-
Materiales	-	-	-	-	-	2,250	2,250	2,250	-	-	-	-	-	-
Pruebas químicas	-	-	-	-	-	180,000	180,000	180,000	-	-	-	-	-	-
Pruebas físicas	-	-	-	-	-	250,000	250,000	250,000	-	-	-	-	-	-
Costos Indirectos	-	-	-	-	-	52,941	52,941	52,941	-	-	-	-	-	-
Total Egresos	-	-	-	-	-	5,685,191	5,685,191	5,685,191	-	-	-	-	-	-
Utilidad Bruta	-	-	-	-	-	5,685,191	5,685,191	5,685,191	-	-	-	-	-	-
Maquinaria	-	-	-	-	-	2,527,111	2,527,111	2,527,111	-	-	-	-	-	-
Total Depreciacione s	-	-	-	-	-	2,527,111	2,527,111	2,527,111	-	-	-	-	-	-
UAI	-	-	-	-	-	3,158,080	3,158,080	3,158,080	-	-	-	-	-	-
Impuestos	-	-	-	-	-	1,073,747	1,073,747	1,073,747	-	-	-	-	-	-
UODI	-	-	-	-	-	2,084,333	2,084,333	2,084,333	-	-	-	-	-	-
INVERSION ES	-	-	-	-	-	764,000	764,000	764,000	-	-	-	-	-	-
Total Inversiones	-	-	-	-	-	764,000	764,000	764,000	-	-	-	-	-	-
Flujo de Caja Neto	-	-	-	-	-	1,320,333	1,320,333	1,320,333	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

WACC= 13 %

VPN= \$ 1,497,396.53

CAUE= \$ 210,255.01

Tabla 4. Flujo de de Caja Alternativa de Bloques Tradicionales en Arcilla

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cantidad	-	-	-	-	-	-	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500	7,500	-	-
Mano de Obra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ladrillos	-	-	-	-	-	-	11,437,500	11,437,500	11,437,500	11,437,500	11,437,500	11,437,500	-	-
Transporte	-	-	-	-	-	-	2,500,000	2,500,000	2,500,000	2,500,000	2,500,000	2,500,000	-	-
Costos Indirectos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Egresos	-	-	-	-	-	-	13,937,500	13,937,500	3,937,500	13,937,500	13,937,500	13,937,500	-	-
Utilidad Bruta	-	-	-	-	-	-	13,937,500	13,937,500	13,937,500	13,937,500	13,937,500	13,937,500	-	-
Maquinaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Depreciaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UAI	-	-	-	-	-	-	13,937,500	13,937,500	13,937,500	13,937,500	13,937,500	13,937,500	-	-
Impuestos	-	-	-	-	-	-	4,738,750	4,738,750	4,738,750	4,738,750	4,738,750	4,738,750	-	-
UODI	-	-	-	-	-	-	9,198,750	9,198,750	9,198,750	9,198,750	9,198,750	9,198,750	-	-
Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujo de Caja Neto	-	-	-	-	-	-	9,198,750	9,198,750	9,198,750	9,198,750	9,198,750	9,198,750	-	-

Fuente: Elaboración propia.

WACC= 13 %

VPN= \$ 36,772,461

CAUE= -\$ 5,163,357.81

10.1.2 Criterios de evaluación financiera e indicadores financieros.

Para evaluar financieramente el proyecto se usarán dos indicadores. El VPN del proyecto debe ser mayor que 0, y el caue de la implementación de los BSC debe de ser mayor que el CAUE de la alternativa de bloques tradicionales en arcilla.

10.1.3 Análisis de sensibilidad y riesgo.

Para el caso de análisis del proyecto no existen variables de riesgo que puedan afectar el proyecto.

Pero es importante indicar que la ubicación distante de la obra o baja calidad de la tierra para los bloques es el riesgo crítico que puede afectar el proyecto dado el caso que se presente, dado que este implicaría incluir un transporte adicional, aumento en el porcentaje de cemento adicional para estabilizar, y ambos se reflejan en los gastos del proyecto y disminuye el VPN.

10.1.4 Conclusión general de la evaluación financiera.

Como conclusión del análisis financiero, se infiere que realizar el cambio de ladrillos tradicionales a los bloques de suelo cemento implica tener un menor VPN y el CAUE es mayor, por lo tanto, se puede determinar que para la constructora Estructurar es beneficioso realizar la implementación de este método para sus obras.

11 CONCLUSIONES GENERALES DEL PROYECTO

La implementación del proceso de fabricación de los bloques de suelo cemento tiene beneficios ambientales y económicos, siendo el carácter financiero el indicador más importante desde la formulación para determinar la factibilidad del proyecto.

El sector de la construcción colombiano tiene una tendencia a la baja de la cantidad de licencias de construcción otorgadas buscando una correcta densificación de las ciudades, sin embargo, la demanda de materiales para construcción presenta un incremento continuado.

Por el tipo de material, no se puede identificar el comportamiento histórico del mercado, sin embargo, la característica prosumidor del proyecto es la razón principal para desarrollar el proyecto, dada la eliminación de las variables asociadas a los proveedores como variación de precios, disponibilidad, transporte, etc.

El proceso de producción propuesto permite usar este en cualquier obra que se realice y la facilidad que tiene para movilizar la maquinaria seleccionada.

Es necesario indicar que esta factibilidad está condicionada por los supuestos con los que se planteó el proyecto, tales como realizar la implementación del proyecto al interior de una constructora, dando así, la característica de prosumidor, y así se controla la demanda, la oferta, mercado y producción.

12 LISTAS

12.1 Lista de tablas

Tabla 1. Referencias del estado del arte	11
Tabla 2. Inversiones del proyecto.....	42
Tabla 3. Flujo de de Caja Alternativa de los Bloques de Suelo Cemento	45
Tabla 4. Flujo de de Caja Alternativa de Bloques Tradicionales en Arcilla	46

12.2 Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Diagrama de las cinco Fuerzas de Porter	13
Ilustración 2. Estadísticas Licencias de Construcción ELIC en metros cuadrados	23
Ilustración 3. Tipos de bloques.....	26
Ilustración 4. Ubicación general del proyecto.....	31
Ilustración 5. Ubicación específica del proyecto.....	31
Ilustración 6. Gracoram	33
Ilustración 7. Mezcladora eléctrica.....	34
Ilustración 8. Desterronadora eléctrica.....	35
Ilustración 9. Distribución espacial área de producción.....	36
Ilustración 10. Proceso de elaboración.....	38
Ilustración 11. Organigrama.....	39

13 BIBLIOGRAFIA

- Arteaga, K., Medina, O., & Gutierrez, O. (2011). Bloque de tierra comprimida como material constructivo. *Facultad de Ingeniería*, 20(31), 68.
- Baca, G. (2013). *Evaluación de proyectos* (7th ed.; P. Roig, Ed.). México D.F: McGraw-Hill Interamericana.
- Bedoya, C. M. (2011). *Construcción Sostenible* (1st ed.; Biblioteca Juridica Dike, Ed.). Medellin: Biblioteca Juridica Dike.
- Choque Ruelas. Godofredo Edgar, & Huaman Meza, J. (2009). *Adobes comprimidos suelo cemento, una alternativa ecológica*. Puno.
- Corporación Ambiental Empresarial (CAEM). (2015). *Contexto Sector Ladrillero colombiano*. Bogotá.
- Corral, J. T. (2008). El suelo cemento como material de construcción. *Ciencia y Sociedad*, 33(4), 520–571.
- Dinero. (2018, August). ¿Está el sector de la construcción en cuidados intensivos? *Dinero*.
- Galíndez, F. (2007). *Bloques de tierra comprimida (BTC) sin adición de cemento*. Salta.
- Garcia, I. (2019, August). Cómo hacer el mejor análisis del sector donde compites. *Emprendedores*, 9.
- Gatani, M. (2000). Ladrillos de suelo-cemento: mampuesto tradicional en base a un material sostenible. *Informes de La Construcción*, 51(466), 35–47.
- Gido, J., & James, C. (1999). *Administración Exitosa de Proyectos* (1st ed.; P. De la Garza, Ed.). México D.F: International Thomson Editors.
- Gomez, F. J. (1987). *Modelo de vivienda popular construido con suelo comprimido*. Medellin.

Graco. (2019). Gracoram.

Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación sexta edición* (6th ed.; M. Rocha, Ed.). México D.F: McGraw Hill Education.

Martinez, I. (2012). BTC en la zona central Mexicana. *Apuntes*, 25(2), 257.

Miranda, J. J. (2010). *Gestión de proyectos* (4th ed.; MMEditores, Ed.). Bogotá.

Naciones Unidas. (2015). *ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles*.

OIKOS. (2012). La evolucion de la construccion en Colombia.

Procolombia. (2018). *Inversión en el sector Materiales de Construcción en Colombia*.

Trenza, A. (2018). *Análisis PESTEL: Qué es y para qué sirve-Ejemplo*.