



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
**de Colombia**  
Vigilada Mineducación

**PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO**

**PROYECTO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA FABRICACIÓN DE  
BLOQUES CON AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET), APLICADOS EN  
LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA**

**ARQUITECTO MILLER ERNESTO PIÑEROS MORENO**

**CÓDIGO 551151**

**INGENIERO RAFAEL DAVID DE JESÚS HERRERA MURIEL**

**CÓDIGO 551148**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS**

**BOGOTÁ D.C, 15 DE NOVIEMBRE DE 2018**

## Tabla de Contenidos

Introducción .....	1
Capítulo 1 Generalidades .....	2
1.1 Línea de Investigación .....	2
1.2 Planteamiento del Problema .....	2
1.2.1 Antecedentes del problema .....	3
1.2.2 Pregunta de investigación .....	4
1.2.3 Variables del problema .....	5
1.3 Justificación .....	6
1.4 Hipótesis .....	8
1.5 Objetivos .....	8
1.5.1 Objetivo general .....	8
1.5.2 Objetivos específicos .....	8
Capítulo 2 Marcos de referencia .....	10
2.1 Marco conceptual .....	10
Definiciones Norma Técnica Colombiana 6033. [10] .....	11
Definiciones de La Norma Técnica Colombiana 4205 .....	12
Definiciones de La Norma Sismo Resistente 2010. [12] .....	13
2.2 Marco teórico .....	14
Clasificación de los plásticos que se pueden reciclar. ....	19
Estudio del plástico polietileno tereftalato (PET) .....	21
2.3 Marco jurídico .....	25
Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 .....	26
Norma técnica Colombiana NTC 4076 .....	30
Norma técnica Colombiana NTC 4205-2 .....	30
Norma técnica Colombiana NTC 4205 .....	31
Norma Técnica Colombiana NTC 6033 .....	38
Política de producción más limpia .....	40
Política de gestión integral de residuos sólidos. ....	40
2.4 Marco geográfico .....	41
2.5 Estado del arte .....	44
Aplicación de plástico reciclado en elementos a base de cemento. [26] .....	44
Caracterización experimental de ecoladrillos de Tereftalato de Polietileno (PET). [28] .....	46
Construcción con botellas recicladas (PET) .....	47
La primera casa de botellas de África .....	49
Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (PET) – cemento. [31] .....	50
Capítulo 3 Metodología .....	54
3.1 Fases del trabajo de grado .....	54
Proceso de investigación .....	54
Elaboración del ladrillo prototipo .....	55
Proceso de la elaboración del ladrillo de plástico (pet) .....	56
Materia Prima, Agregados .....	59
Diseño De Morteros .....	62

3.2 Cronograma y presupuesto seguimiento .....	68
EDT/WBS .....	68
Programación .....	68
3.3 Instrumentos o herramientas utilizadas .....	71
3.4 Alcances y limitaciones .....	72
Alcances .....	72
Limitaciones .....	73
Capítulo 4 Resultados .....	75
Objetivos específicos .....	75
4.1 Objetivo específico 1 .....	75
4.2 Objetivo específico 2 .....	75
4.3 Objetivo específico 3 .....	76
4.4 Objetivo específico 4 .....	76
4.5 Objetivo específico 5 .....	76
4.6 Objetivo específico 6 .....	79
4.6.1 Pronostico De Ventas Del Mercado .....	79
4.6.2 Punto de equilibrio del mercado .....	80
4.6.3 Presupuesto de inversión .....	83
4.6.4 Depreciaciones .....	84
4.6.5 Datos generales .....	86
4.6.6 Presupuesto de costos variables anuales .....	88
4.6.7 Presupuesto De Costos Fijos (mano de obra, arriendo, mantenimiento de equipos, servicios) .....	88
4.6.8 Punto De Equilibrio (Contable) .....	91
4.6.9 Capital de trabajo .....	93
4.6.10 Flujo De Caja (Con Recursos Propios) .....	94
4.6.11 Flujo De Caja (Con Financiación) .....	96
4.6.11 Posibles escenarios .....	98
Capítulo 5 Análisis de resultados e impactos .....	101
5.1 Como se responde a la pregunta de investigación con los resultados .....	101
5.2 Aporte de los resultados a la gerencia de obras .....	102
5.3 Estrategias de comunicación y divulgación .....	102
Capítulo 6 Conclusiones .....	103
Ladrillo con agregados de PET .....	103
Análisis financiero .....	104
Capítulo 7 Nuevas áreas de estudio .....	107
Estudio de las propiedades físicas del ladrillo con agregados de PET .....	107
Beneficios de la implementación de PET en prefabricados para espacio público .....	107
Capítulo 8 Anexos .....	108
Anexo 1. Resultados de laboratorio .....	108
Anexo 2. EDT / WBS .....	108
Anexo 3. Programación en Project. ....	108
Anexo 4. Matriz DOFA .....	108
Anexo 5. Acta de Constitución, Project Charter .....	108
Anexo 6. Declaración de alcance .....	108

	iv
Anexo 7. Análisis de precios Unitarios.....	108
Capítulo 9 Bibliografía .....	109

## Lista de tablas

Tabla 1. Código de identificación de resinas plásticas .....	19
Tabla 2. Productos a base de polietileno tereftalato .....	23
Tabla 3. Tabla datos técnicos del plástico PET .....	23
Tabla 4. Resistencia del PET a distintas sustancias químicas. ....	24
Tabla 5. Grados de desempeño de los elementos no estructurales. ....	27
Tabla 6. Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales (muros).....	29
Tabla 7. Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural .....	34
Tabla 8. Tasa Inicial de Absorción .....	35
Tabla 9. Espesor de paredes y tabiques para mampostería no estructural .....	36
Tabla 10. Componentes de las mezclas .....	51
Tabla 11. Granulometría del pet utilizada para la elaboración de los ladrillos.....	60
Tabla 12. Granulometría de la arena utilizada para la elaboración de los ladrillos .....	61
Tabla 13. Diseño de mortero 1/2.....	63
Tabla 14. Resistencia a la compresión de cilindros de probetas de concreto 7 días de fallado....	66
Tabla 15. Resistencia a la compresión de cilindros de probetas de concreto 14 días de fallado..	67
Tabla 16. Presupuesto de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$).....	69
Tabla 17. Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$).....	69
Tabla 18. Descripción del software que se planea adquirir (en miles de \$) .....	69
Tabla 19. Descripción y justificación de los viajes (en miles de \$).....	69
Tabla 20. Materiales y suministros (en miles de \$) .....	70
Tabla 21. Bibliografía (en miles de \$). ....	70
Tabla 22. Servicios Técnicos (en miles de \$). ....	70
Tabla 23. Herramientas utilizadas para desarrollo del proyecto.....	71
Tabla 24. Peso muestras según agregados de PET .....	77
Tabla 25. Resistencia específica ensayos de laboratorio. ....	78
Tabla 26. Pronostico de ventas .....	80
Tabla 27. Punto De Equilibrio Del Mercado .....	80
Tabla 28. Presupuesto de ventas en pesos .....	82
Tabla 29. Presupuesto de inversión .....	83
Tabla 30. Depreciación de la línea recta.....	84
Tabla 31. Suma de los dígitos de los años .....	84
Tabla 32. Saldo fijo.....	84
Tabla 33. Tipo De Depreciación.....	85
Tabla 34. Saldos Después De 5 Años .....	85
Tabla 35. Valor De Salvamento.....	86
Tabla 36. Total De Costos Fijos Periodo 1 .....	89
Tabla 37. Presupuesto De Costos Fijos (Pesos).....	90

## Lista de figuras

Figura 1. Ladrillo con agregado de plástico reciclado.....	18
Figura 2. Bloque plástico reciclado .....	19
Figura 3. Botella Elaboradas con Plástico PET .....	21
Figura 4. Botellas de gaseosa a base de PET .....	22
Figura 5. Tipos de unidades de mampostería de arcilla cocida .....	32
Figura 6. Paredes y tabiques de las unidades de mampostería .....	37
Figura 7. Localización de desarrollo del trabajo de grado.....	42
Figura 8. Localización área de influencia .....	43
Figura 9. Ejemplo de un Eco-Ladrillo .....	46
Figura 10. Desarrollo de Eco-ladrillos a través de la recolección de botellas de PET. ....	47
Figura 11. Reutilización de botellas de desecho.....	48
Figura 12. Botellas usadas como ladrillos “Ecoladrillos” .....	48
Figura 13. Construcción de muros con “Ecoladrillos” .....	49
Figura 14. Primera casa de botellas de África .....	50
Figura 15. Fotografía PET triturado, Proveedor PROMOLAST .....	56
Figura 16. Dimensiones probetas para fundida de prototipos.....	57
Figura 17. Fotografías Armado de formaleta y dimensiones.....	58
Figura 18. Lavado y limpieza de PET .....	59
Figura 19. Curva de granulometría obtenida para el PET .....	60
Figura 20. Curva de granulometría obtenida para la arena.....	62
Figura 21. Alistado de materiales, fundida de mezclas .....	64
Figura 22. Elaboración de probetas según dosificaciones. ....	65
Figura 23. Punto De Equilibrio De Mercado .....	81
Figura 24. Presupuesto de inversión .....	83
Figura 25. Comportamiento De Las Distintas Depreciaciones.....	85
Figura 26. Precio de venta .....	87
Figura 27. Estructura Organizacional De La Empresa .....	88
Figura 28. Punto de Equilibrio Contable .....	92
Figura 29. Saldo Flujo De Caja Sin financiación .....	95
Figura 30. Saldo Flujo De Caja con financiación .....	97
Figura 31. PAYBACK sin financiación.....	99
Figura 32. PAYBACK con financiación .....	100



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

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

### Usted es libre de:



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

hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



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



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

## Introducción

El déficit de vivienda en Colombia y la contaminación ambiental que se genera por la mala o nula disposición final de los residuos plásticos nos han motivado a iniciar esta investigación que permitirá atacar estas dos problemáticas que aquejan a nuestra sociedad.

La importancia de esta investigación radica en brindar un material alternativo de construcción de vivienda a bajo costo, liviana, fácil de transportar que no requiera mano de obra calificada y sea amigable con el ambiente.

Según lo anterior, nuestro planteamiento es lograr incursionar con un nuevo material de construcción como lo es el bloque plástico, donde utilicemos el plástico reciclado como materia prima principal para su elaboración, siendo este uno de los productos que es más desechado y que a su vez más contaminación genera [1]. Proponiendo un nuevo elemento indispensable para la construcción de vivienda con polímeros reciclados, estableciendo una alternativa a otras tecnologías de construcción tradicionales, que consumen recursos no renovables, o que producen un impacto ambiental negativo cumpliendo con los estándares de calidad y normatividad vigente para este tipo de materiales.

Así también, se realizará un análisis financiero del costo de fabricación para un bloque a base de PET y poder determinar la rentabilidad o no de un proyecto de este tipo.



## **Capítulo 1**

### **Generalidades**

#### **1.1 Línea de Investigación**

La línea de investigación es la cual queremos enfocar nuestro proyecto de grado y que abarca conocimientos, inquietudes, prácticas y perspectivas del análisis que permitan el desarrollo del mismo es la “GESTION Y TECNOLOGÍA PARA LA SUSTENTABILIDAD DE COMUNIDADES.”

#### **1.2 Planteamiento del Problema**

Por décadas los materiales constructivos en cuanto a ingeniería y arquitectura se refieren han superado los límites de lo que realmente es esencial y de importancia como lo son el bienestar del ser humano y el respeto por el medio ambiente, pasando a un segundo plano más comercial y de interés personal. La construcción sin lugar a dudas es uno de los grandes causantes del deterioro del medio ambiente, es entonces cuando observamos con preocupación, cómo podríamos influir o aportar a mejorar las condiciones para los habitantes de nuestro país que carecen de una vivienda digna, o simplemente las condiciones con las que cuentan no son las más favorables. Y, en segundo lugar, una alternativa para minimizar los impactos negativos que se están causando al medio ambiente.

Uno de los causantes de esta contaminación ambiental es la disposición final de residuos, ya que representa gran preocupación para la población, debido a que no hay un manejo consiente y adecuado de los mismos, se debe reducir la generación de estos y reutilizar o reciclar la mayor parte posible, brindando un nuevo servicio para el ser humano a través de prácticas y nuevas tecnologías para el aprovechamiento y/o tratamiento de estos.

La apuesta por brindar nuevas propuestas sobre alternativas sostenibles debe responder a

las necesidades de la comunidad y del medio ambiente, la implementación de materiales ecológicos, como son materiales constructivos a partir de reciclaje plástico como materia prima, aportarían a la solución de estos problemas.

### **1.2.1 Antecedentes del problema.**

Dentro de los materiales de construcción que actualmente manejamos, observamos que seguimos utilizando materiales tradicionales, como el concreto, el mortero, bloques, prefabricados, entre otros, los cuales están hechos a base de cemento o arcilla recocida. Sin lugar a duda el comportamiento que estos tienen en cuanto a resistencia y durabilidad cumplen con las expectativas para ser utilizados en este campo. Sin embargo, los procesos que se deben realizar para producir estas materias primas generan un impacto negativo para el medio ambiente, ya que “implica en su elaboración altos niveles de energía y una gran dependencia del petróleo”, [2], por otro lado, el valor de estos productos, al ser de gran demanda implican altos costos para la edificación de viviendas, por lo cual, no es asequible para algunas personas de nuestro país, además que para la construcción requiere de mano de obra especializada.

Por tanto, el proyecto de investigación se encuentra enmarcado en el desarrollo de un bloque con plástico reciclado para mampostería no portante de bajo costo, que logre suplir las necesidades de las personas en cuanto a vivienda se refiere, logrando obtener un producto que cumpla con las especificaciones con las que cuentan los sistemas tradicionales. Se trata de realizar bloques plásticos estilo lego, donde la construcción de los prototipos de vivienda brindaría gran beneficio social y a su vez generaría un impacto positivo para el medio ambiente, brindando un uso adecuado de estos desechos. La disposición de los residuos es un gran problema para el ser humano al igual que el manejo que se le debe dar a estos, quienes trabajan en la gestión de residuos de las ciudades, saben que una premisa racional es trabajar en

minimizar la generación de los mismos, y en tratar de reutilizar (reciclar) la mayor parte posible. En Colombia el porcentaje de reciclado es muy bajo, causa de la escasa conciencia ambiental de la población. [3]

El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) es un centro de investigación, experimentación, desarrollo y transferencia de tecnologías de construcciones sustentables y gestión integral, destinadas a la producción social del hábitat, el cual viene desarrollando tecnologías constructivas y sociales vinculadas a la vivienda y el hábitat popular, en beneficio de las comunidades [4]. Este centro de experimentación, ha desarrollado desde su fundación en 1967, y hasta la fecha, diversos sistemas constructivos con el fin de obtener viviendas de calidad, actualmente CEVE, trabaja con elementos constructivos donde utiliza materiales plásticos reciclados, los cuales han logrado obtener dentro de sus ensayos, aislación térmica, resistencia mecánica, y gracias a sus componentes, resultan convirtiéndose en elementos livianos; características que cumplen la función de una vivienda de construcción tradicional, además brindan un beneficio económico y logran superar aspectos ecológicos ya que colaboran con la descontaminación del medio ambiente, transformándose en tecnología sustentable. Gracias a la implementación de estas nuevas tecnologías, donde se mezclan con aditivos de plástico reciclado, se invierte el concepto donde los sistemas tradicionales, son los únicos elementos con los cuales se puedan constituir ladrillos o bloques, que se utilizan para levantar mamposterías.

### **1.2.2 Pregunta de investigación**

¿Cómo fabricar un bloque plástico a partir del reciclaje para mampostería no portante, que sirva de alternativa viable para la construcción de vivienda y que cumpla la normatividad vigente?

### 1.2.3 Variables del problema

Dentro de los materiales de construcción que actualmente manejamos, observamos que seguimos utilizando materiales tradicionales, como el concreto, el mortero, bloques, prefabricados, entre otros, los cuales están hechos a base de cemento o arcilla recocida. Sin lugar a duda el comportamiento que estos tienen en cuanto a resistencia y durabilidad cumplen con las expectativas para ser utilizados en este campo. Sin embargo, los procesos que se deben realizar para producir estas materias primas generan un impacto negativo para el medio ambiente, ya que “implica en su elaboración altos niveles de energía y una gran dependencia del petróleo”, [2], por otro lado, el valor de estos productos, al ser de gran demanda implican altos costos para la edificación de viviendas, por lo cual, no es asequible para algunas personas de nuestro país, además que para la construcción requiere de mano de obra especializada.

Por tanto, el proyecto de investigación se encuentra enmarcado en el desarrollo de un bloque con plástico reciclado para mampostería no portante de bajo costo, que logre suplir las necesidades de las personas en cuanto a vivienda se refiere, logrando obtener un producto que cumpla con las especificaciones con las que cuentan los sistemas tradicionales. Se trata de realizar bloques plásticos estilo lego, donde la construcción de los prototipos de vivienda brindaría gran beneficio social y a su vez generaría un impacto positivo para el medio ambiente, brindando un uso adecuado de estos desechos. La disposición de los residuos es un gran problema para el ser humano al igual que el manejo que se le debe dar a estos, quienes trabajan en la gestión de residuos de las ciudades, saben que una premisa racional es trabajar en minimizar la generación de los mismos, y en tratar de reutilizar (reciclar) la mayor parte posible. En Colombia el porcentaje de reciclado es muy bajo, causa de la escasa conciencia ambiental de la población. [3]

El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) es un centro de investigación, experimentación, desarrollo y transferencia de tecnologías de construcción sustentables y gestión integral, destinadas a la producción social del hábitat, el cual viene desarrollando tecnologías constructivas y sociales vinculadas a la vivienda y el hábitat popular, en beneficio de las comunidades [4]. Este centro de experimentación, ha desarrollado desde su fundación en 1967, y hasta la fecha, diversos sistemas constructivos con el fin de obtener viviendas de calidad, actualmente CEVE, trabaja con elementos constructivos donde utiliza materiales plásticos reciclados, los cuales han logrado obtener dentro de sus ensayos, aislación térmica, resistencia mecánica, y gracias a sus componentes, resultan convirtiéndose en elementos livianos; características que cumplen la función de una vivienda de construcción tradicional, además brindan un beneficio económico y logran superar aspectos ecológicos ya que colaboran con la descontaminación del medio ambiente, transformándose en tecnología sustentable. Gracias a la implementación de estas nuevas tecnologías, donde se mezclan con aditivos de plástico reciclado, se invierte el concepto donde los sistemas tradicionales, son los únicos elementos con los cuales se puedan constituir ladrillos o bloques, que se utilizan para levantar mamposterías.

### **1.3 Justificación**

La explotación de los recursos naturales por parte de la población ha generado un impacto negativo al medio ambiente y a la biodiversidad. Un gran porcentaje de esta explotación de los recursos naturales es utilizada en la elaboración de materiales para la construcción de vivienda. Con el ánimo de aportar un granito de arena a la solución de esta problemática hemos elegido esta temática e investigar acerca del uso del plástico reciclado en la construcción. Ya que en nuestro país los bloques o ladrillos son el principal elemento de construcción para muros de viviendas.

La presente investigación se realiza con el ánimo de buscar una alternativa de solución a los altos niveles de contaminación que producen los residuos sólidos urbanos también conocidos como RSU en la Ciudad de Bogotá, los cuales generan otro tipo de contaminantes como son el CO<sub>2</sub>, desechos orgánicos e inorgánicos, lixiviados y polímeros (plásticos) los cuales su descomposición puede tardar entre 700 a 4000 años dependiendo de su tipo [2]. El aporte que pretendemos brindar mediante esta investigación es de gran valor ya que la utilización de grandes volúmenes de plástico reciclado y su transformación como materia prima en la elaboración de bloques o ladrillos para la construcción, ayudan al ahorro energético y económico en la disposición final de los RSU [5].

Esta investigación es de importancia, ya que la Ciudad de Bogotá, es la ciudad que más basura genera al día en el país y una de las que menos aprovechan los residuos que botan. Esto en gran medida porque no cuenta con un esquema de separación de residuos claro, eficiente, ni la ciudadanía ha creado una cultura de reciclaje. Es tal la situación, que de las 7.000 toneladas de basura que se sacan a diario, sólo se aprovecha el 3 %. Esta no es una condición especial de la capital. De acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente, en el país, de los 11,6 millones de toneladas de basura que se producen al año, sólo se recicla el 17%. Y lo referente al plástico reciclado solo se obtiene un 9% del total de cada año. [6]. Por tanto, la utilización del plástico reciclado gracias a su versatilidad, fácil manipulación y modelación a altas temperaturas, se convierte en una opción favorable en la construcción, donde sería utilizado como materia prima para la elaboración de bloques y a su vez aumentaría los niveles de recolección y reciclaje aportando al medio ambiente.

## **1.4 Hipótesis**

La implementación de los bloques con polímeros de plástico reciclado, pueden transformarse en una alternativa para la construcción de mampostería no portante, los cuales cumplirán con las características y normas de los sistemas convencionales constructivos y a su vez brindarían un mejor costo y reducirían los tiempos de ejecución en obra

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general.**

- Realizar un análisis técnico y financiero en la implementación de bloques con polímeros de plástico reciclado para mampostería no portante aplicados en la construcción de vivienda para centros urbanos de Colombia.

### **1.5.2 Objetivos específicos.**

- Investigar las características y normas que se aplican en los sistemas constructivos tradicionales y los diferentes tipos de plásticos que se pueden utilizar para la fabricación del bloque.
- Establecer un cronograma de actividades que nos sirva como recurso para la transcripción de tiempos, recursos y acciones para la ejecución de nuestro proyecto de investigación.
- Realizar diferentes tomas de muestras con porcentajes variables de aditivo de plástico reciclado.
- Analizar los resultados de las pruebas en laboratorio, y comparar con agregados de plástico reciclado vs propiedades de sistemas tradicionales.
- Realizar los análisis de precios unitarios (APU) de los bloques con polímeros de agregados de plástico PET.

- Realizar el análisis de costo financiero de una planta de producción para la fabricación de un bloque a base PET y lograr así determinar la rentabilidad del proyecto y las variables financieras que influyen en el mismo.



## Capítulo 2

### Marcos de referencia

#### 2.1 Marco conceptual

Con el fin de facilitar la comprensión de este documento se presentan las siguientes definiciones:

- **Residuo sólido:** Todo tipo de material, orgánico o inorgánico, y de naturaleza compacta, que ha sido desechado luego de consumir su parte vital. [8]
- **Residuo sólido recuperable:** Todo tipo de residuo sólido al que, mediante un debido tratamiento, se le puede devolver su utilidad original u otras utilidades. [8]
- **Reciclar:** Proceso por medio del cual a un residuo sólido se le recuperan su forma y utilidad original, u otras. [8]
- **Sitio de disposición final:** Lugar, técnica y ambientalmente acondicionado, donde se deposita la basura. A este sitio se le denomina Relleno Sanitario. [8]
- **Lixiviado:** Sustancia líquida, de color amarillo y naturaleza ácida que supura la basura o residuo orgánico, como uno de los productos derivados de su descomposición. [8]
- **Escombro:** Todo tipo de residuo sólido, resultante de demoliciones, reparación de inmuebles o construcción de obras civiles; es decir, los sobrantes de cualquier acción que se ejerza en las estructuras urbanas. [8]
- **Medio ambiente:** Interrelación que se establece entre el hombre y su entorno, sea este de carácter natural o artificial. [8]
- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU):** Los residuos sólidos urbanos (RSU) se

definen en la Ley de Residuos como los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades. [9]

#### **Definiciones Norma Técnica Colombiana 6033. [10]**

- **Criterios ambientales de producto:** Requisitos ambientales que debe cumplir el producto para que se le otorgue el Sello Ambiental Colombiano.
- **Etiqueta ambiental/declaración ambiental:** Manifestación que indica los aspectos ambientales de un producto o servicio.
- **Impacto ambiental:** Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.
- **Insumo:** Todo material o sustancia que se emplea para la fabricación del producto terminado, sin que haga parte de éste.
- **Material pre-consumo:** Material desviado del flujo de residuos durante un proceso de fabricación. Esto excluye la reutilización de materiales como sobrantes, restos de molienda o recortes generados en el proceso y posibles de reincorporarse en el proceso que los generó.
- **Material post-consumo:** Material generado en instalaciones domésticas, comerciales, industriales o institucionales en la función de usuarios finales de un producto, el cual no se puede utilizar más para su propósito original. Esto incluye el retorno de material de la cadena de distribución.
- **Medio ambiente:** Entorno en el cual una organización opera, incluidos el aire, el

agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.

- **Residuo o desecho:** Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o de pósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula.
- **Residuo o desecho peligroso:** Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.
- **Sello Ambiental Colombiano:** Marca de certificación reconocida por la Superintendencia de Industria y Comercio que puede portar un producto que cumpla con los requisitos establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

#### **Definiciones de La Norma Técnica Colombiana 4205.**

Corresponde a las unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos:

[11]

- **Unidad de mampostería de perforación vertical (ladrillos y bloques) (PV):** unidad cuyas celdas o perforaciones son perpendiculares a la cara o superficie en que se asientan en el muro.
- **Unidad de mampostería de perforación horizontal (ladrillos y bloques) (PH):**

unidad cuyas celdas o perforaciones son paralelas a la cara o superficie en que se asientan en el muro.

- **Unidades macizas (ladrillos) (M):** mampuestos aligerados con pequeñas perforaciones que ocupan menos del 25 % de su volumen o, también, que no contienen ninguna perforación.

#### **Definiciones de La Norma Sismo Resistente 2010. [12]**

- **Amenaza Sísmica:** Es el valor esperado de futuras acciones sísmicas en el sitio de interés y se cuantifica en términos de una aceleración horizontal del terreno esperada, que tiene una probabilidad de excedencia dada en un lapso de tiempo predeterminada.
- **Carga muerta:** Es la carga vertical debida a los efectos gravitacionales de la masa, o peso, de todos los elementos permanentes ya sean estructurales o no estructurales.
- **Carga Viva:** Es la carga debida al uso de la estructura, sin incluir la carga muerta, fuerza de viento o sismo.
- **Diseñador de los Elementos No estructurales:** Es el profesional facultado para este fin, bajo cuya responsabilidad, se realizan el diseño y los planos de los elementos no estructurales de la edificación, y quien los firma y rotula.
- **Elementos No Estructurales:** Elementos o componentes de la edificación que no hacen parte de la estructura su cimentación.
- **Muro divisorio o partición:** Es un muro que no cumple una función estructural y que se utiliza para dividir espacios.

- **Carga muerta:** Es la carga vertical debida a los efectos gravitacionales de la masa, o peso, de todos los elementos permanentes ya sean estructurales o no estructurales.
- **Carga Viva:** Es la carga debida al uso de la estructura, sin incluir la carga muerta, fuerza de viento o sismo.
- **Diseñador de los Elementos No estructurales:** Es el profesional facultado para este fin, bajo cuya responsabilidad, se realizan el diseño y los planos de los elementos no estructurales de la edificación, y quien los firma y rotula.
- **Elementos No Estructurales:** Elementos o componentes de la edificación que no hacen parte de la estructura su cimentación.
- **Muro divisorio o partición:** Es un muro que no cumple una función estructural y que se utiliza para dividir espacios.

## 2.2 Marco teórico

La construcción ha generado un impacto ambiental, debido a que para la obtención de materiales se realizan procesos de extracción de materiales pétreos de las canteras que afectan la corteza terrestre. Teniendo en cuenta los objetivos propuestos es importante el aporte de esta investigación para que en la construcción se puedan generar el reemplazo de materiales que se extraen de la corteza terrestre por otros. Como tal es el caso del plástico.

El plástico es un material que los podría sustituir ya que al utilizarlo en la construcción reduciría el impacto generado por utilizar materiales pétreos y así mismo ayudar con la reutilización del plástico que ha servido esencialmente al ser humano por su bajo costo de producción y porque suple el consumo masivo de materiales extraídos de los minerales terrestres.

Actualmente en el planeta hay alrededor de siete mil millones de personas, los cuales

requieren una vivienda, generando un crecimiento y demanda exponencial; lo que implica la exigencia de mayor cantidad de recursos naturales tanto para alimentación como para obtener un techo digno y confortable. ¿De dónde se tendrá que extraer todos los recursos necesarios para construir esas viviendas?

“El ritmo que es insostenible, no es el del crecimiento de la población mundial, sino el consumo que tenemos los habitantes y las empresas multinacionales del mundo occidental, que somos, realmente quienes estamos agotando los recursos del planeta” [13].

Históricamente la solución habitacional se ha convertido en un problema a escala mundial, debido a que no sólo afecta a la sociedad en su conjunto sino también y lo más importante del proceso constructivo, al planeta Tierra [14]. La administración de los recursos que se emplean para la construcción de edificaciones en general, ha sobre pasado los límites de lo tolerable para el planeta, la extracción indiscriminada de minerales y materiales de construcción, está desembocando en graves consecuencias para los diferentes ecosistemas.

A la extracción indiscriminada de los recursos naturales, se suma la problemática de la falta de reposición de los mismos. A esto se suma la tenencia del suelo, que siempre ha estado relacionada con la utilización del desplazamiento como herramienta de dominio, ya que desde épocas muy antiguas el ser humano desplazó a los animales para usar las cavernas, para de esta manera protegerse de los agentes atmosféricos. En épocas de las colonias los españoles desplazaron a los indígenas para apropiarse de los mejores territorios y asentarse en ellos, lo que desembocó posteriormente en los conocidos latifundios.

En la actualidad los grupos hegemónicos continúan con el desplazamiento y empoderamiento de grandes extensiones de territorios lo cual amplifica el déficit habitacional, en perjuicio de los pequeños propietarios, los cuales se ven obligados a retirarse hacia áreas más

lejanas de los centros urbanos para poder construir sus viviendas, pero al mismo tiempo, carecen de los servicios básicos. Paralelamente se debe tener presente que la producción de desechos tanto líquidos como sólidos y gaseosos de las viviendas y edificios son quizá más contaminantes que la misma producción industrial, ya que estos son los que producen 48% de gases de efecto invernadero [15], debido a que las nuevas reglamentaciones de la producción industrial, exigen planes de manejo ambiental, lo que de alguna manera minimizan los efectos de los desechos industriales, más no así los de la vivienda. Por lo tanto, se vuelve indispensable analizar la problemática de la recolección y disposición final de los desechos, ya que los mismos son eliminados (centros urbanos y rurales) de forma indiscriminada a la naturaleza.

En Europa las casas y los edificios emiten el 48 % de los gases de efecto invernadero, lo que supera con creces las emisiones del sector de transportes 27%, o de la industria 25%. De igual forma las edificaciones consumen el 76% de la energía producida por las plantas energéticas [16].

Se han planteado varios elementos que pueden ser objetos de análisis: El déficit habitacional (tenencia del suelo), Alto consumo de recursos naturales para la generación, de vivienda y la falta de reposición de los mismos, Producción de gases de efecto invernadero, Disposición final de la basura.

Se vuelve necesario comprender que la producción de vivienda se ha transformado en la actualidad no en una solución social, sino más bien en un problema ambiental. Lo cual exige a los diferentes sectores involucrados ser muy creativos y plantear estrategias que viabilicen y planteen soluciones para los efectos ocasionados [13].

La producción de basura en las viviendas es un problema cultural y social muy difícil de solucionar, debido a la gran cantidad de desperdicios generados por unidad habitacional, más aún

el problema se agrava por la falta del proceso de reciclaje de los mismos, esto se evidencia a través del siguiente análisis: Según la Agencia Europea de Medio Ambiente dice, “En torno a una tercera parte de los recursos usados se convierten en residuos y emisiones. Cada año se generan cerca de cuatro toneladas de residuos per cápita en los países miembros de la AEMA. Cada ciudadano europeo se deshace de una media de 520 kg de residuos domésticos al año, y se espera que la cifra aumente” [17].

Del total de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que en su mayoría provienen de actividades como construcción, demolición y producción, el 45% siguen utilizando los vertederos como receptores finales de esos residuos, es decir las respectivas municipalidades de la UE (Unión Europea) realizan esta actividad [17].

De igual manera la composición de RSU para la UE en 1999, estuvo conformada de la siguiente manera: “Materia orgánica 29%, papel y cartón 26%, vidrio 7%, plásticos 9%, metales 4%, varios 25% (textiles, especiales, compuestos, otros)” [18].

Estos datos en comparación con los actuales se pueden evidenciar el considerable incremento del consumo de los materiales plásticos. “El Reino Unido consume más de 5 millones de toneladas de plástico cada año; de los cuales se estima que el 19% está siendo recuperado o reciclado.

En Estados Unidos, en 2010 se generó 31 toneladas de residuos plásticos, lo cual representa 12.4% de los residuos municipales.

La producción de desechos sólidos en América Latina y el Caribe ha variado considerablemente; ya que en los últimos 30 años el promedio era de 0.2 a 0.5 kg/hab./día, en la actualidad puede llegar a 1.2 kg/hab./día. La composición del RSU es la siguiente: Materia orgánica 30%, Plástico 14%, papel y cartón un 20%, varios 36% (vidrio, textiles, especiales,



compuestos, otros) [18].

*¿Qué es reciclaje o reciclamiento?* Reciclaje o reciclamiento es la acción y efecto de reciclar (aplicar un proceso sobre un material para que pueda volver a utilizarse). El reciclaje implica dar una nueva vida a material en cuestión, lo que ayuda a reducir el consumo de recursos y la degradación del planeta.

*¿Cómo puede llevarse a cabo el reciclaje?* El tratamiento de reciclaje puede llevarse a cabo de manera total o parcial, según cada caso. Con algunos materiales, es posible obtener una materia prima, mientras que otros permiten generar un nuevo producto.

*¿Cuál es la base del reciclaje?* La base del reciclaje se encuentra en la obtención de una materia prima o producto a partir de un desecho. Un bien ya utilizado (como una botella de plástico vacía) puede destinarse a la basura o reciclarse y adquirir un nuevo ciclo de vida.

*¿Qué son los bloques de plástico reciclado?* Es convertir residuos poliméricos termoplásticos en una sustancia aglutinante que podría mezclarse con otros materiales, como la arena, y dar lugar a un hormigón polimérico sin cemento.



*Figura 1. Ladrillo con agregado de plástico reciclado*



*Figura 2. Bloque plástico reciclado*





Los componentes constructivos elaborados con materiales plásticos reciclados ofrecen mayor aislación térmica que los tradicionales, debido a que el plástico PET sirve como aislante térmico, repele el sonido y es casi impermeable.

### **Clasificación de los plásticos que se pueden reciclar.**

Los Desechos Plásticos que se pueden reciclar para fabricar el Bloque de Plástico Reciclado y sus códigos de identificación de resinas de plásticos son los siguientes:

*Tabla 1. Código de identificación de resinas plásticas*

<b>NOMBRE</b>	<b>SIGLAS</b>	<b>USOS</b>	<b>CÓDIGIO</b>
Polietileno tereftalato	PET	Se usa para hacer recipientes para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, y otros	<p><b>PETE</b> Ilustración 1 Código de reciclaje de plástico PET</p>

Poliétileno	PE	Se usa en films plásticos procedentes de embalajes de golosinas, yerba, jabones, etc.	 HDPE	 LDPE
			Poliétileno de baja densidad	Poliétileno de alta densidad
Ilustración 2. Código de reciclaje de plásticos PE (Alta y baja densidad)				
Polipropileno bi-orientado	BOPP	Residuos industriales	 PP	
Ilustración 3. Código de plástico reciclado BOPP				
Policloruro de vinilo	PVC	Se usa en juguetes, tuberías, molduras, tableros para automóviles, etc	 V	
Ilustración 4. Código de plástico reciclado PVC				

Datos obtenidos de la investigación (Fuente de elaboración: [www.quiminet.com](http://www.quiminet.com))

Nota: Para objeto de la investigación se escogerá el Plástico PET, por ser el más fácil de encontrar y está disponible en grandes cantidades de desecho para su reciclaje.

## Estudio del plástico polietileno tereftalato (PET)

### *¿Qué es un PET?*

El polietileno tereftalato (PET, PETE), es un polímero plástico, lineal, con alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, por lo que lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado. Es extremadamente duro, resistente al desgaste, dimensionalmente estable, resistente a los químicos y tiene buenas propiedades dieléctricas. [19]

Por otra parte, es un plástico del grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres. Químicamente, es un polímero obtenido a través de una reacción de policondensación entre ácido tereftálico (PTA) y monoetilenglicol (MEG). Sus propiedades más relevantes incluyen una alta transparencia y resistencia al desgaste, un gran coeficiente de fusión y resistencia térmica y química, es liviano, prácticamente irrompible y 100% reciclable. Su cristalinidad varía de amorfa a altamente cristalizado: puede ser muy transparente e incoloro, pero las piezas gruesas tienden a ser opacas y turbias. Estas propiedades han llevado a la importancia del PET en los campos de textiles sintéticos, envases, botellas, bandejas y materiales en láminas, entre otros. [20]



*Figura 3. Botella Elaboradas con Plástico PET*

***¿De dónde podemos obtener el PET para reciclarlo?***

- Fibra: Alfombras, Ropa, Telas para Decoración (Cortinas, ropa de cama, tapicería, etc.)
- Empaques: Bebidas (gaseosa, agua mineral, jugos, etc.),
- Comidas, perfumerías y cosméticos, productos para el hogar, licores, productos farmacéuticos.



*Figura 4. Botellas de gaseosa a base de PET*

***¿Cuáles son las características físicas del plástico PET?***

Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes, alta resistencia al desgaste, buena resistencia química, buenas propiedades térmicas, muy buena barrera contra la humedad, totalmente reciclable.

***¿Cuáles son las aplicaciones del PET?***

*Tabla 2. Productos a base de polietileno tereftalato*

<b>PRODUCTOS</b>	<b>USOS</b>
Envase y empaque	Bebidas Carbonatadas, agua purificada, aceite, conservas, cosméticos, detergentes y productos Químicos, productos Farmacéuticos
Electro Electrónico	- Diversos tipos de películas y aplicaciones desde las películas ultra delgadas para capacitores de un micrómetro o menos hasta de 0,5 milímetros, utilizadas para aislamiento de motores.
Fibras	Debido a su resistencia, el PET se emplea en telas tejidas y cuerdas, partes para cinturones, hilos de costura y refuerzo de llantas.
Otras aplicaciones	Se utiliza para bandejas de horno convencional o microondas, pero su principal uso es en botellas. También se utiliza en monofilamentos para fabricar cerdas de escobas y cepillos.

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Elaboración propia)

*Tabla 3. Tabla datos técnicos del plástico PET*

<b>PROPIEDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,34 – 1.39
Resistencia a la tensión	Mpa	59 – 72
Resistencia a la compresión	Mpa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 – 0.04
Dureza		Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 <sup>-4</sup> / °c	15.2 – 24

Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)		3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar		Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado		Excelente
Calidad óptica		Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°c	244 – 254

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Industria del Plástico. Plástico industrial. Richardson&Lokensonsgard)

### *Resistencia a sustancias químicas del PET*

*Tabla 4. Resistencia del PET a distintas sustancias químicas.*

<b>Alcoholes</b>		<b>Aldehídos</b>	
Metanol	Muy resistente	Acetaldehído	Muy resistente
Etanol	Muy resistente	Formaldehído	Muy resistente
Isopropanol	Resistente	<b>Compuestos Clorados</b>	
Ciclohexanol	Muy resistente	Tetracloruro de carbono	Muy resistente
Glicol	Muy resistente	Cloroformo	Resistente
Glicerina	Muy resistente	Difenil Clorado	Muy resistente
Alcohol Bencílico	Resistente	Tricloro Etileno	Muy resistente
<b>Disolventes</b>		<b>Sales (Soluciones)</b>	
Éter	Muy resistente	Bicromato	Muy resistente

Acetona	No resistente	Carbonatos alcalinos	Muy resistente
Nitrobenceno	No resistente	Cianuros	Muy resistente
Fenol	No resistente	Fluoruros	Muy resistente
<b>Ácidos</b>		<b>Álcalis (Soluciones Acuosas)</b>	
Ácido Fórmico	Muy resistente	Hidróxido Amónico	No resistente
Ácido Acético	Muy resistente	Hidróxido Cálcico	Muy resistente
Ácido Clorhídrico 10%	Resistente	Hidróxido Sódico	No resistente
Ácido Clorhídrico 30%	Resistente	<b>Sustancias varias</b>	
Ácido Fluorhídrico 10 y 35%	Muy resistente	Cloro	Muy resistente
Ácido Nítrico 10%	Muy resistente	Agua	Muy resistente
Ácido Nítrico 65%	No resistente	Peróxido de hidrógeno	Muy resistente
Ácido Fosfórico 30 y 85%	Muy resistente	Oxígeno	Muy resistente
Ácido Sulfúrico 20%	Resistente		
Ácido Sulfúrico 80%	No resistente		
Anhídrido Sulfuroso Seco	Muy resistente		

---

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Industria del Plástico, Plástico industrial)

### 2.3 Marco jurídico

Nuestro proyecto de investigación comprende diferentes fases, una de ellas se centró en el proceso de investigación y recolección de información del marco legal, el cual fue analizado y comprende las normas jurídicas que incumben en nuestro proyecto, dictámenes que son regulados por el estado y otras entidades que nos dictan el cumplimiento de ciertas conductas y



parámetros para un determinado fin llevar a cabo la investigación.

Dentro de los aspectos técnicos, nuestro proyecto de fabricación de un modelo de bloque con agregados de reciclaje plástico para mampostería no portante debe cumplir con diferentes parámetros como absorción, resistencia, humedad, densidad, entre otros; los cuales se encuentran enmarcados dentro de las Normas técnicas colombianas NTC del ICONTEC y la Norma Sismo Resistente NSR-2010.

El proyecto que abordamos consiste básicamente en un sistema de mampostería no reforzada o no confinada donde este se encuentra constituido por muros sin refuerzo alguno. Las unidades pueden ser de piedra, de arcilla cocida o de concreto, macizas, o huecas. Este sistema está prohibido en zonas de amenaza sísmica intermedia o alta, para construcciones nuevas. [21]

#### **Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10**

Debido a que la NSR-10, regula y reglamenta las condiciones técnicas, en los cuales se logra enmarcar nuestro proyecto de investigación; básicamente porque se trata de la implementación de un bloque a base de agregados de plástico reciclado para mampostería no portante, se realizó un análisis de cada uno de los títulos de este documento, donde puede aplicar este tipo de material propuesto.

Para los usos de la mampostería no reforzada se presentan algunas restricciones que se encuentran establecidas en el Título A de la NSR-2010; Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente, donde menciona que la mampostería no reforzada sólo puede utilizarse como sistema de resistencia sísmica en aquellas regiones del país donde las zonas de amenaza sísmica es baja, además este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (DMI). [22]

Por otra parte, en el capítulo A-9 de la NSR-2010, encontramos los criterios de diseño de los elementos que no hacen parte de la estructura, o del sistema principal de resistencia sísmica, donde los diseños deben tener en cuenta los comportamientos y grados de desempeño esperados en un sismo.

El desempeño se clasifica en los siguientes grados:

*Tabla 5. Grados de desempeño de los elementos no estructurales.*

<b>GRADOS DE DESEMPEÑO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS DAÑOS</b>
SUPERIOR	Es aquel en el cual el daño que se presenta en los elementos no estructurales es mínimo y no interfiere con la operación de la edificación debido a la ocurrencia del sismo de diseño.
BUENO	Es aquel en el cual el daño que se presenta en los elementos no estructurales es totalmente reparable y puede haber alguna interferencia con la operación de la edificación con posterioridad a la ocurrencia del sismo de diseño.
BAJO	Es aquel en el cual se presentan daños graves en los elementos no estructurales, inclusive no reparables, pero sin desprendimiento o colapso, debido a la ocurrencia del sismo de diseño.

Datos obtenidos de la investigación (fuente: asociación colombiana de ingeniería sísmica, reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-2010, Bogotá d.c.: Imprenta Nacional de Colombia, 2010)

Otro aspecto importante dentro de este capítulo son los criterios de diseño, donde se adoptan dos tipos de estrategias utilizadas para los muros divisorios y de fachadas no portantes, por un lado deben separarse de la estructura para que ésta al deformarse como consecuencia del

sismo no los afecte adversamente y por otro lado, disponer de elementos no estructurales que toquen la estructura y que por lo tanto, deben ser lo suficientemente flexibles para poder resistir las deformaciones que la estructura les impone.

El título B, de la NSR-10, Cargas, habla básicamente de aquellos aspectos con los que debe cumplir las edificaciones con respecto a las cargas que deben emplearse en su diseño, para que la estructura sismo resistente, cumpla adecuadamente su objetivo, como nuestro proyecto se refiere a un elemento no estructural, que básicamente sería empleado para muros no portantes, este se constituye en un elemento no estructural vertical, donde su dimensión horizontal es mucho menor que la dimensión vertical y generaría una carga muerta dentro de la edificación. La siguiente tabla, muestra las cargas mínimas que ejercen los muros tradicionales.

Tabla 6. Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales (muros)

Componente	Carga (kN/m <sup>2</sup> ) por m <sup>2</sup> de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kN/m)	Carga (kgf/m <sup>2</sup> ) por m <sup>2</sup> de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kgf/m)
<b>Muros</b>		
Exteriores de paneles (postes de acero o madera):		
Yeso de 15 mm, aislado, entablado de 10 mm	1.00	100
Exteriores con enchape en ladrillo	2.50	250
Mampostería de bloque de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm)</i>	
	<u>100</u> <u>150</u> <u>200</u> <u>250</u> <u>300</u>	<i>Espesor del muro (en cm)</i>
Pañetado en ambas caras	1.80   2.50   3.10   3.80   4.40	<u>10</u> <u>15</u> <u>20</u> <u>25</u> <u>30</u>
Sin pañetar	1.30   2.00   2.60   3.30   3.90	180   250   310   380   440 130   200   260   330   390
Mampostería de bloque de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm)</i>	
	<u>100</u> <u>150</u> <u>200</u> <u>250</u> <u>300</u>	<i>Espesor del muro (en cm)</i>
Sin relleno	1.40   1.45   1.90   2.25   2.60	<u>10</u> <u>15</u> <u>20</u> <u>25</u> <u>30</u>
Relleno cada 1.2 m	1.70   2.25   2.70   3.15	140   145   190   225   260
Relleno cada 1.0 m	1.80   2.30   2.80   3.30	170   225   270   315
Relleno cada 0.8 m	1.80   2.40   3.00   3.45	180   230   280   330
Relleno cada 0.6 m	2.00   2.60   3.20   3.75	180   240   300   345
Relleno cada 0.4 m	2.20   2.90   3.60   4.30	200   260   320   375
Todas las celdas llenas	3.00   4.00   5.00   6.10	220   290   360   430 300   400   500   610
Mampostería maciza de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm)</i>	
	<u>100</u> <u>150</u> <u>200</u> <u>250</u> <u>300</u>	<i>Espesor del muro (en cm)</i>
Sin pañetar	1.90   2.90   3.80   4.70   5.50	<u>10</u> <u>15</u> <u>20</u> <u>25</u> <u>30</u>
		190   290   380   470   550
Mampostería maciza de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm)</i>	
	<u>100</u> <u>150</u> <u>200</u> <u>250</u> <u>300</u>	<i>Espesor del muro (en cm)</i>
Sin pañetar	2.00   3.10   4.20   5.30   6.40	<u>10</u> <u>15</u> <u>20</u> <u>25</u> <u>30</u>
		200   310   420   530   640

*Datos obtenidos de la investigación (fuente: asociación colombiana de ingeniería sísmica, reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-2010, Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia, 2010)*

Dentro del título D, Mampostería estructural se establecen los requisitos mínimos de diseño y construcción para las estructuras de mampostería y sus elementos. Estas estructuras tienen un nivel de seguridad comparable a las estructuras de otros materiales, por otro lado, hace referencia a las normas técnicas Colombianas NTC del Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC las cuales hacen parte integral con respecto a su obligatoriedad.

En el capítulo D-9 de este título, se hace referencia a los Muros de mampostería no reforzada donde menciona aspectos generales, dentro de ellos se recalca lo siguiente; si una vivienda construida con muros de mampostería no cumple con todos los requisitos que el reglamento de mampostería estructural exige para mampostería parcialmente reforzada o

mampostería reforzada, debe clasificarse y diseñarse como mampostería no reforzada, además los muros de este tipo de mampostería deben tener un espesor mínimo nominal de 120 mm, para viviendas de uno y dos pisos.

Para el título E, Casas de uno y dos pisos, en el capítulo de cimentaciones, se considera que los muros divisorios no estructurales deben apoyarse sobre cimentaciones similares a las de los muros estructurales, a excepción de que se tengan dimensiones específicas para viviendas de un nivel, por otro lado se contempla que los muros no estructurales cumplen la función de separar espacios dentro de la vivienda y que no soportan ninguna carga adicional a su propio peso, los muros no estructurales interiores deben conectarse con el diafragma superior por medio de una conexión que restrinja su volcamiento.

#### **Norma técnica Colombiana NTC 4076**

Esta norma, se refiere básicamente a las unidades de mampostería en concreto no estructural, donde se establecen los requisitos para unidades de concreto para mampostería, perforadas o macizas, elaboradas con cemento hidráulico, agua, agregados minerales, con la inclusión o no de otros materiales.

Estas unidades están destinadas para uso en divisiones no estructurales, pero bajo ciertas condiciones pueden ser adecuadas para uso en paredes exteriores no estructurales por encima del nivel, donde estén protegidas de la intemperie efectivamente. [23]

#### **Norma técnica Colombiana NTC 4205-2**

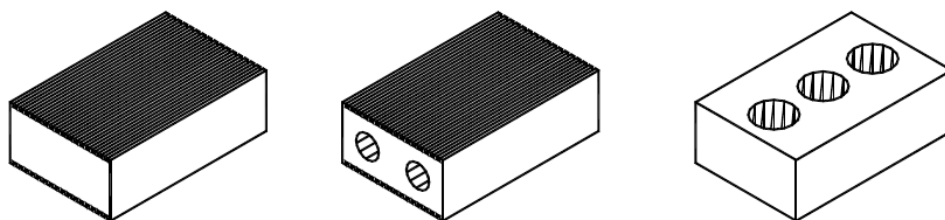
Esta norma aborda las unidades de mampostería no estructural de arcilla cocida ladrillos y bloques cerámicos donde se establecen los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla, utilizados como unidades de mampostería no estructural en muros interiores divisorios y cortafuegos no estructurales o muros exteriores que tengan un acabado de protección con

revoque o pañete, enchape u otra mampostería que los proteja de la exposición a la intemperie. Igualmente, fija los parámetros con los que se determinan los diferentes tipos de unidades. [24] Cuando las unidades no estructurales se usan en fachadas, éstas también deben cumplir los requisitos de la norma, NTC 4205-3; Unidades de mampostería de arcilla cocida, ladrillos y bloques cerámicos, parte 3: mampostería de fachada.

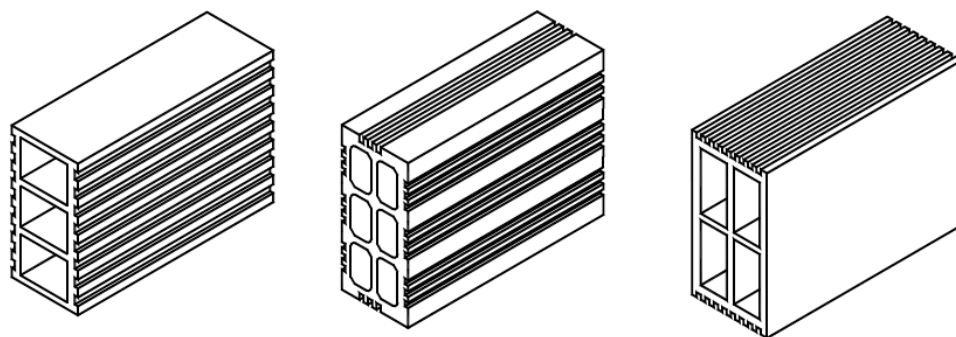
### **Norma técnica Colombiana NTC 4205**

La NTC 4205, Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos, establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos y bloques cerámicos utilizados como unidades de mampostería y fija los parámetros con que se determinan los distintos tipos de unidades, cabe resaltar que tradicionalmente se manejan tres tipos básicos de unidades de mampostería de arcilla cocida, según la disposición de sus perforaciones y del volumen que éstas ocupen:

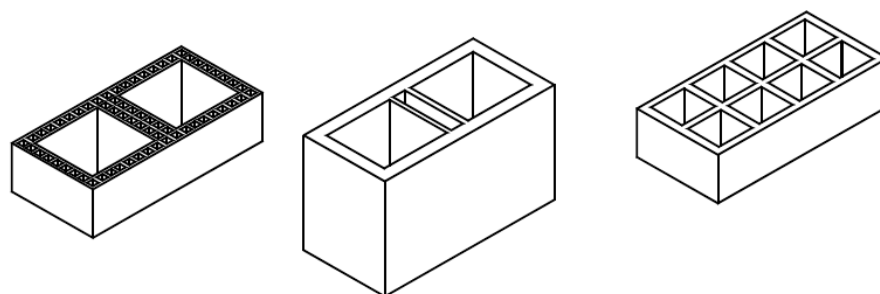
Perforación vertical PV (ladrillos-bloques); perforación horizontal PH (ladrillos-bloques) y macizos (M). [11]



Unidades de mampostería macizas



Unidades de mampostería de perforación horizontal



Unidades de mampostería de perforación vertical

*Figura 5. Tipos de unidades de mampostería de arcilla cocida*

Como se menciona dentro de esta norma, el uso o función principal de cualquier tipo de unidad de mampostería determina la clase a que corresponde y los requisitos físicos que debe cumplir. Por este motivo, se consideran las unidades estructurales (portantes) y **las unidades no estructurales (divisorios o de cierre)**; y las unidades de mampostería de uso exterior, o de fachada, y las unidades de uso interior.

A continuación, se mencionan las propiedades físicas con las que debe cumplir estas unidades de mampostería.

#### ***Absorción de agua***

Las unidades de mampostería de arcilla cocida deben cumplir con los requisitos de

absorción de agua en 24 h de inmersión (promedio y máximo individual) En general, no se pueden tener absorciones inferiores al 5 % en promedio, ni superficies vidriadas o esmaltadas en las caras en que se asientan o en las que se vayan a pañetar.

Si en razón de la materia prima utilizada, las unidades de mampostería de uso exterior (fachada) resultan con absorción mayor a la especificada, se puede acudir al análisis termo diferencial conjunto de la arcilla y el producto cocido, para demostrar si la temperatura de cocción es suficiente o no, y para evitar la rehidratación de la arcilla cuando las piezas estén expuestas a la intemperie. También se puede tomar como criterio de estabilidad a la intemperie, la relación de módulos de rotura, establecida entre una pieza saturada de agua durante 24 h a temperatura ambiente y el de una pieza seca. Dicha relación no puede ser inferior a 0,8. [11]

### ***Resistencia mecánica a la compresión***

Las unidades de mampostería de arcilla cocida deben cumplir con la resistencia mínima a la compresión que se especifica en la tabla 13, En los ladrillos de perforación vertical, la resistencia neta a la compresión se calcula dividiendo la carga de rotura o de falla por el área neta de la sección perpendicular a la carga (se descuentan las áreas de celdas y perforaciones). En los ladrillos macizos, la resistencia neta y la resistencia bruta son iguales porque se calculan dividiendo por el área de apoyo de los ladrillos. [11]



*Tabla 7. Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural*

Tipo	Resistencia mínima a la		Absorción de agua máxima en %			
	compresión Mpa (kgf/cm <sup>2</sup> )		Interior		Exterior	
	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad
PH	3,0(30)	2,0(20)	17	20	13,5	14
PV	14,0(140)	10,0(100)	17	20	13,5	14
M	14,0(140)	10,0(100)	17	20	13,5	14

Datos obtenidos de la investigación (fuente: Norma técnica Colombiana NTC 4205, ICONTEC)

Para el caso de ladrillos de perforación vertical, los valores establecidos corresponden a Resistencia Neta mínima a la compresión, en los otros casos corresponden a Resistencia Bruta.

PH = unidad de mampostería de perforación horizontal (ladrillo y bloque)

PV = unidad de mampostería de perforación vertical (ladrillo y bloque)

M = unidad de mampostería maciza (ladrillo)

**Notas:**

1) Se debe considerar defecto principal, el no cumplimiento de la resistencia y como defecto secundario el no cumplimiento de la absorción. El no cumplimiento de la resistencia motiva además el rechazo de los especímenes, mientras que el incumplimiento de la absorción queda condicionado a los demás requisitos de calidad que establece esta norma y a lo acordado entre cliente y proveedor.

2) Para unidades de perforación vertical de 20 cm de altura o más, el requisito de resistencia a la compresión se debe reducir en un 25 % sobre los mínimos exigidos por la tabla.

### ***Tasa inicial de absorción***

Es la capacidad de absorción capilar que tienen las unidades secas, medida durante 1 min; se expresa en g/cm<sup>2</sup>/min. Esta norma recomienda los requisitos mínimos de pre humedecimiento de las unidades, para su colocación con la tasa inicial de absorción, a menos que el fabricante o constructor se incline por otra recomendación, con base en su experiencia o en el conocimiento de su producto. [11]

Cuando se tengan valores de absorción mayores que los anotados en la Tabla 14, se debe vigilar el cumplimiento de los requisitos de absorción y resistencia, y diseñar los morteros de pega y tiempos de pre humedecimiento apropiados. [11]

*Tabla 8. Tasa Inicial de Absorción*

<b>Tasa inicial de absorción g/cm<sup>2</sup>/min</b>	<b>Tiempo recomendado de Pre humedecimiento</b>
<0.10	5 min
<0.15	1 h
<0.25	24 h

Datos obtenidos de la investigación (fuente: Norma técnica Colombiana NTC 4205, ICONTEC)

### ***Paredes y perforaciones***

Se denominan paredes exteriores de las unidades de mampostería, los elementos longitudinales que constituyen los dos lados de un muro; los tabiques son los elementos transversales que mantienen unidas las paredes de un lado con las opuestas o que separan celdas dentro de la pieza. Tanto en las unidades de perforación horizontal como vertical, las paredes exteriores pueden ser sólidas, perforadas o dobles (la expresión pared sólida se refiere a unidades de mampostería de una sola pared o pared maciza). [11]. Cuando se haga referencia al ancho de las paredes exteriores, se debe considerar su espesor neto sin incluir el ancho de las perforaciones

o vacíos que contenga. Los siguientes aspectos sirven de guía para el diseño geométrico de las unidades y facilitan el cumplimiento de la resistencia a la compresión.

*Tabla 9. Espesor de paredes y tabiques para mampostería no estructural*

<b>Tipo</b>	<b>Espesor neto mínimo de las paredes (mm)</b>	<b>Espesor mínimo de los tabiques, mm</b>
Perforación vertical (PV)	10	6
Perforación horizontal (PH)	10	6

Datos obtenidos de la investigación (fuente: Norma técnica Colombiana NTC 4205, ICONTEC)

#### ***Límites de defectos superficiales***

El acabado de las unidades de mampostería de arcilla cocida debe ser objeto de evaluación en lo que se refiere a defectos superficiales, tales como fisuras, desbordados y distorsión de las caras o las aristas (alabeo). Además, las unidades deben estar libres de otras imperfecciones como laminaciones, ampollas, cráteres, deformaciones, etc, que interfieran con su colocación apropiada en el muro, perjudiquen su resistencia, estabilidad o durabilidad, o que demeriten la fachada cuando ésta se observa desde una distancia de 5 m. [11]

#### ***Tolerancia dimensional***

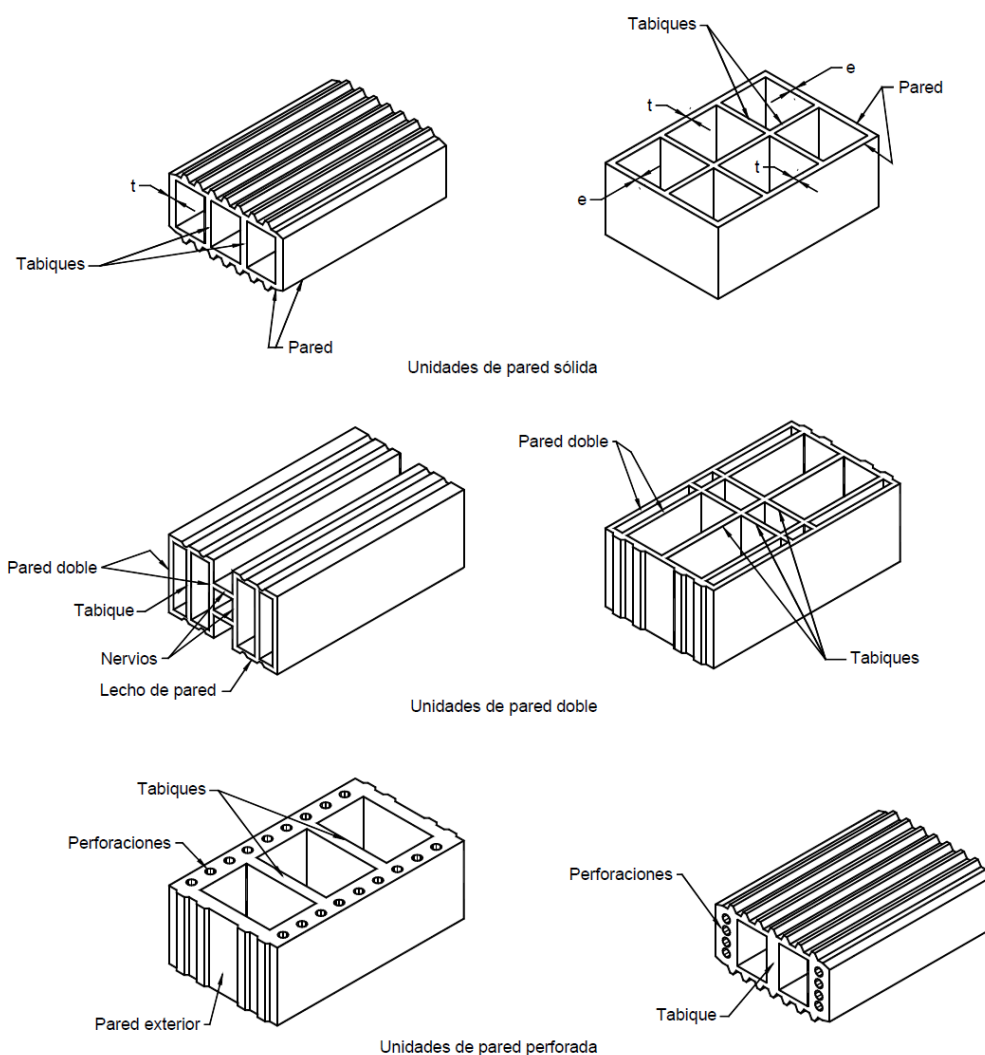
Las dimensiones exteriores de las unidades de cualquier tipo o clase pueden variar en un 2 % por encima o por debajo de las medidas nominales especificadas, para todas las formas y tamaños que se fabriquen. [11]

#### ***Dimensiones modulares***

Las unidades de mampostería modulares deben estar diseñadas para que sus medidas reales, más las juntas de pega, se adapten a sistemas de coordinación modular en la construcción.

Las dimensiones nominales bajo las que se designa o nombra una pieza exceden las medidas reales en la dimensión de la junta.

Ordinariamente, las unidades de mampostería de arcilla cocida no tienen que cumplir con medidas modulares, pero cuando el fabricante lo especifique se debe considerar un requisito adicional del producto y se deben ajustar a las medidas, holguras y tolerancias que para dicho efecto se establecen en la NTC 296. [11]



*Figura 6. Paredes y tabiques de las unidades de mampostería*

### ***Requisitos adicionales***

Las unidades de mampostería pueden tener características especiales de diseño y calidad, por razones de exigencias acústicas, térmicas, de resistencia al fuego, arquitectónica o constructiva, pero deben mantener los requisitos de absorción de agua y resistencia a la compresión para su uso principal (interior, exterior o estructural). Las unidades de mampostería arquitectónica pueden tener formas, texturas y acabados libres, pero, igualmente, deben mantener los requisitos básicos pertinentes a su aplicación principal. [11]

### **Norma Técnica Colombiana NTC 6033**

La NTC 6033, comprende las Etiquetas ambientales tipo 1. Sello ambiental colombiano (SAC). Criterios ambientales para ladrillos y bloques de arcilla, que aplica para aquellos productos y servicios que causen menor impacto en el ambiente, mediante la comunicación de información verificable y exacta, no engañosa, sobre aspectos ambientales de dichos productos y servicios, para estimular el mejoramiento ambiental continuo impulsado por el mercado, esta norma se enmarca en la implementación del esquema del Sello Ambiental Colombiano, la cual está reglamentada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de Comercio, Industria y Turismo. [10]

Tal y como se menciona en la NTC 6033, nuestro proyecto se enmarca dentro de diferentes Principios del Sello Ambiental Colombiano los cuales se mencionan a continuación:

El producto debe hacer un uso sostenible de los recursos naturales que emplea como materia prima o insumo.

El producto debe minimizar el uso de materias primas nocivas para el ambiente.

Los procesos de producción deben utilizar menos cantidades de energía o hacer uso de fuentes de energía renovables o ambos. El producto debe utilizar menos materiales de empaque, preferiblemente reciclables, reutilizables o degradables.

El producto debe ser fabricado haciendo uso de tecnologías limpias o generando un menor impacto relativo sobre el ambiente. [10]

Esta norma pretende ser un instrumento de competitividad para el sector de ladrillos, bloques de arcilla y demás productos afines de cerámica roja de la industria ladrillera, si bien es cierto que estos productos causan impactos negativos al medio ambiente en las diferentes etapas de su ciclo de vida. Los mayores impactos se relacionan con la extracción de materiales de cantera y el proceso de fabricación. Es por esto que la presente norma busca implementar mejores prácticas para la extracción de materiales y un uso más sostenible de los recursos en sus procesos de fabricación.

Otro aspecto que cabe resaltar dentro de esta norma, son los requisitos para materias primas, componentes e insumos, donde menciona que las empresas deben establecer un procedimiento para identificar permanentemente los impactos ambientales negativos significativos de las materias primas e insumos y establecer acciones que permitan prevenir, mitigar o controlar el impacto negativo asociado, dentro de ellas se consideran las siguientes:

[10]

Reemplazo de materias primas o insumos por otras menos contaminantes o que generan menor impacto ambiental.

Definición de criterios ambientales de compra que exija a sus proveedores el uso de mejores prácticas, las cuales puedan ser verificadas por la organización.

Tomar las medidas de mitigación que disminuyan los impactos negativos significativos de las materias primas o insumos contaminantes.

### **Política de producción más limpia**

Esta política fue aprobada por el Consejo Nacional Ambiental, tiene como objetivo principal alcanzar la sostenibilidad ambiental en el sector productivo, previniendo y minimizando los impactos y riesgos para los seres humanos y para el medio ambiente. Otros de sus objetivos específicos se mencionan a continuación:

- Aumentar la eficiencia energética y el uso de los energéticos más limpios
- Prevenir y minimizar la generación de contaminantes
- Prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas
- Adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión
- Minimizar y aprovechar los residuos
- Minimizar el consumo de recursos naturales y materias primas.

De igual forma abarca los procesos, los productos y los servicios. En los procesos busca: la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía; la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción y minimización de la cantidad y toxicidad de las emisiones y residuos. En los productos se orienta a la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final; y en los servicios busca una dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la prestación de los mismos. [25]

### **Política de gestión integral de residuos sólidos.**

El Gobierno Nacional, en la búsqueda de un mejor aprovechamiento de las potencialidades institucionales y de la capacidad de los organismos existentes involucrados en el manejo de residuos, ha puesto en marcha un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos,

definido en la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, con el fin de cumplir los siguientes objetivos:

- Minimizar la cantidad de los residuos que se generan
- Aumentar el aprovechamiento y consumo de residuos generados, hasta donde sea ambientalmente tolerable y económicamente viable.
- Mejorar los sistemas de manejo integral de residuos sólidos.
- Conocer y dimensionar la problemática de los residuos peligrosos en el país y establecer el sistema de gestión de los mismos.
- Desde la perspectiva de sus destinatarios, la política tiene dos grandes componentes:
- El relacionado con el saneamiento ambiental como obligación a cargo del Estado, y que se orienta a establecer un marco de acción para las entidades públicas con responsabilidades en cuanto a la gestión de residuos sólidos, de manera especial a los municipios, involucrando las diferentes estrategias e instrumentos para fortalecer la acción del Estado en esta materia.
- El referido a la vinculación que el sector privado tiene en cuanto a la generación de residuos.
- El alcance de esta política en cuanto al sector privado, está determinado por lo referente a la minimización de residuos, con base en el desarrollo de acciones ambientales que deben adelantarse sectorialmente. La política de residuos para el sector industrial es un desarrollo específico de la política de producción limpia, de la cual toma todos sus elementos. [25]

## **2.4 Marco geográfico**

Nuestro proyecto de grado tiene lugar en la ciudad de Bogotá DC (Colombia);



específicamente en la localidad de Chapinero, donde se encuentra la Sede 4, de la Universidad Católica de Colombia, localizada en la carrera 7 con calle 47, donde se desarrolla la especialización a la cual estamos aplicando en Gerencia de Obras, y se dio lugar a iniciar con el presente proyecto de investigación, de igual manera, se cuenta con sedes anexas, donde básicamente se han recibido diferentes tutorías, y se ha hecho uso de las instalaciones como salones, salas de cómputo y biblioteca, para el desarrollo del proceso de anteproyecto.



Figura 7. Localización de desarrollo del trabajo de grado.

Por otro lado, contamos con un punto geográfico adicional en el cual concurren actividades relacionadas con la investigación, el cual se centra en el municipio de Mosquera

Cundinamarca, esto debido a que en este punto, se desarrollan actividades propias de nuestra profesión y contamos con la facilidad para elaborar las pruebas experimentales relacionadas con las mezclas de agregados de aditivos de plástico reciclado PET y Cemento, por consiguiente en este municipio podremos lograr tomar las respectivas probetas y/o moldes. Adicional, dentro del área de influencia encontramos un laboratorio de ingeniería civil, donde se realizarán los respectivos ensayos a las muestras tomadas.



*Figura 8. Localización área de influencia*

Este proyecto de grado comprende dos etapas fundamentales, las cuales se desarrollan de la siguiente manera; en primer lugar, compete a una fase de investigación, la cual se desarrolla en el primer semestre del presente año, por otro lado, se tiene una fase de experimentación, análisis

de resultados y conclusiones, la cual se desarrollará en el segundo semestre del presente año.

## **2.5 Estado del arte**

Aunque los plásticos son los miembros más recientes de la familia de materiales arquitectónicos, estos se han convertido en uno de los más populares. Hay distintos tipos de plástico disponibles, así como mezclas de plástico y minerales. Aunque los plásticos pueden formarse con relativa facilidad en casi cualquier forma, los productos comercialmente disponibles son usualmente en forma de láminas, ya que son muy efectivas y ofrecen alta durabilidad y son de poco peso. Las preocupaciones ecológicas se han vuelto importantes en el campo de los plásticos. A pesar de que estos productos son reciclables las prácticas en materia de construcción aún no están muy extendidas. [20]

A continuación, presentaremos los estudios realizados de otras investigaciones sobre el tema que aborda nuestro proyecto de investigación el cual pretendemos abordar, donde haremos un análisis de tipo documental y mostraremos los avances que se han logrado con respecto al conocimiento de nuestro tema.

### **Aplicación de plástico reciclado en elementos a base de cemento. [26]**

La investigación buscó desarrollar elementos constructivos elaborados con plásticos reciclados, como ladrillos, bloques y placas. El proceso de elaboración fue el mismo que se utiliza para la elaboración de bloques con hormigón. La diferencia radica en que en estos bloques ecológicos se remplazan los agregados áridos por material plástico reciclado triturado. Igualmente, describe y evalúa el impacto ambiental que es generado por la contaminación que ocasiona este tipo de materiales a nivel local. Examinó los materiales más usados en la construcción de viviendas en Argentina, arrojando como resultado, de dicho censo, al ladrillo como el más utilizado, al igual que al bloque u hormigón con revoque, entre otros. Al mismo

tiempo, tuvieron en cuenta la problemática que se presenta con la elaboración de los ladrillos tradicionales, el cual radica en la difícil renovación del suelo del cual se explota, resultado de miles de años de formación. [27]

En los análisis de resultados se hicieron pruebas para verificar la calidad de los bloques elaborados con dichos elementos (plástico reciclado y cemento), los cuales se compararon con los ladrillos de elaboración tradicional. Lograron concluir que los costos de elaboración son muy parecidos al de los ladrillos tradicionales, esto se debe al costo de la trituración del plástico, base principal de los ladrillos ecológicos. Sin embargo, al momento de lanzar un proyecto a gran escala se deben buscar formas de optimizar el costo del triturado de este material, redundando en una disminución de los costos de producción. También cabe resaltar que el plástico al ser más liviano presenta dos grandes ventajas: disminuye la inversión en cimentaciones de la edificación y el ahorro de energía gracias a sus propiedades como aislante térmico, generando beneficios a largo plazo. [27]

Nuestra investigación, en términos generales, se asemeja a los estudios realizados por Gaggino, Arguello y Berretta, por ende, los resultados obtenidos son una buena referencia al momento de la revisión de los que se obtengan tras la realización de los ensayos. Las limitaciones de referencia radican, en primera medida, es que las normas técnicas varían de acuerdo al país de aplicación o desarrollo del estudio, es decir, que no se aplican en la investigación analizada las Normas Técnicas Colombianas (NTC) del ICONTEC. En segundo lugar, se observa que los costos de trituración del material base son distintos debido a que la moneda empleada en el país del estudio no es igual al peso colombiano, generando incrementos significativos en el cambio tarifario. Por otro lado, sólo sustituyeron los agregados tradicionales, formando una mezcla entre el triturado de PET y el cemento. [27]

### **Caracterización experimental de ecoladrillos de Tereftalato de Polietileno (PET). [28]**

Este documento aborda el tema del reciclaje de residuos plásticos considerando la viabilidad del uso de Eco-ladrillos para fines de construcción, estos Eco-ladrillos se forman mediante el embalaje de plástico dentro de tereftalato de polietileno (PET) en botellas. Se proporcionaron lineamientos para la construcción de estos Eco-ladrillos donde los experimentos fueron llevados a cabo para caracterizar algunas de las propiedades de estos ladrillos. Se realizaron pruebas de compresión, aislamiento acústico evaluación y transmisión de la luz, finalmente se realizó una comparativa con el comportamiento de la construcción tradicional materiales y condiciones, además se discutieron posibles aplicaciones de los Eco-ladrillos.

Esta investigación, nos muestra el proceso de los Eco-ladrillos, donde básicamente se forman compactando bolsas de plástico de desecho dentro botellas plásticas (PET). Un ejemplo de tales botellas se presenta en las siguientes figuras:



*Figura 9. Ejemplo de un Eco-Ladrillo*



*Figura 10. Desarrollo de Eco-ladrillos a través de la recolección de botellas de PET.*

(a) Botella de PET, (b) Recolección de desechos de plástico, (c) Embalaje de residuos plásticos dentro de botellas de PET y (d) Cierre Botellas de PET con un tapón de rosca.

Observando el proceso realizado en esta investigación, encontramos que básicamente se usaron las botellas PET comprimiendo plástico en su interior, mientras que nuestra propuesta consiste en realizar un triturado de plástico, al cual se le adicionaría cemento en diferentes cantidades para realizar las correspondientes muestras y otros aditivos que cumplan con la norma.

### **Construcción con botellas recicladas (PET)**

En este artículo encontramos un tipo de construcción donde su materia prima se logra a través del reciclaje, utilizando para ello las botellas de desecho, donde básicamente funcionan como un sistema de mampostería, reemplazando el ladrillo tradicional por botellas “eco-ladrillos” y estas pueden ser de plástico PET (Polietileno Tereftalato) o de vidrio; éstas últimas pueden generar luminosidades y efectos de colores diferentes en muros no estructurales. Este proyecto además de crear un aspecto positivo para el medio ambiente por su reutilización de basura, brinda una estructura resistente, de bajo peso y garantiza las condiciones térmicas adecuadas, permitiendo dar acceso a la vivienda a familias o comunidades con bajos recursos.



Figura 11. Reutilización de botellas de desecho



Figura 12. Botellas usadas como ladrillos “Ecoladrillos”

El proceso es sencillo: recolectar las botellas, llenarlas con tierra, arena, escombros finos o bolsas de plástico, sellarlas, amarrarlas con cuerda o nylon para conformar una red y luego incorporarlas al muro a través de una mezcla que – para lograr mayor firmeza y duración – puede ser en base a tierra, arcilla, aserrín y cemento. En muros estructurales es muy importante el relleno de las botellas, para asegurar su resistencia a largo plazo, y hacerles una pequeña perforación para permitir la respiración del material de relleno. Las botellas se tienen que disponer perpendiculares al muro y alternadas entre ellas, con sus tapas y fondos en diferentes

direcciones. [29]



*Figura 13. Construcción de muros con “Ecoladrillos”*

### **La primera casa de botellas de África**

En África existe una grave escasez de viviendas y al mismo tiempo, una gran cantidad de botellas de plástico en las calles. La Asociación de Desarrollo de Energías Renovables (DARE) – una organización no gubernamental con sede en Nigeria – decidió construir una casa de dos habitaciones completamente de botellas de plástico, lo cual dio como resultado una estructura muy resistente. Este proyecto de vivienda es resistente a los terremotos y al fuego además mantiene una temperatura interior confortable de 18 grados Celsius durante todo el año.

Cientos de botellas de plástico fueron llenadas de arena y unidas entre sí por su cuello, a través de una intrincada red en cadena. Las botellas fueron puestas estratégicamente y compactadas con una combinación de barro y cemento, generando una nueva estructura que la DARE pretende usar en futuros proyectos, por su gran resistencia. [30]





*Figura 14. Primera casa de botellas de África*

**Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (PET) – cemento. [31]**

Dentro de este trabajo experimental, se establecieron tareas de elaboración de muestras, tomas de ensayos y caracterización de Mezclas de Tereftalato de Polietileno (PET) y Cemento. Para ello se estableció una metodología basada en una investigación teórico-práctica que ayudase a determinar de manera preliminar el posible comportamiento del plástico proveniente de las botellas de gaseosas al utilizarlo como agregado en una mezcla. Las mezclas de PET – Cemento realizadas están conformadas por 5%, 10% y 15% de PET además de arena y piedra, en proporciones que dependen del tipo de mezcla, es decir, si es para mortero o para concreto. Se utilizaron tres diseños de mezclas en donde se sustituyó parte de la arena por el plástico. Para determinar las propiedades mecánicas y de durabilidad de las mezclas realizadas se elaboraron una serie de probetas que tuvieran las características ideales para los respectivos ensayos tanto de compresión simple, como de absorción, erosión e impacto. Las mismas se curaron por 7 días, luego se almacenaron hasta los 28 días para realizar los ensayos anteriormente mencionados exceptuando los de absorción y erosión que se debían hacer a los siete días. Desde el punto de vista de resistencia y durabilidad; a compresión simple, la mezcla B (concreto con un 15% de PET) es la que se considera la más apropiada ya que resultó ser en promedio la más resistente

aun cuando no sea la mezcla más homogénea. Por otro lado, su capacidad de absorción es baja al igual que su comportamiento ante la erosión e impacto, lo que la hace la mezcla más idónea para ser utilizada como material de construcción. Cabe destacar que no es la más costosa dentro de las tres mezclas que contienen PET. La mezcla de PET - Cemento ayuda a reducir las cantidades de PET que no poseen una disposición final adecuada, disminuyendo así su impacto ambiental, ya que se necesita una gran cantidad de botellas de gaseosas para obtener el material para elaborar la mezcla, por lo que dichas botellas se estarían eliminando del ambiente. [31]

Los diseños de las mezclas realizadas en este proyecto de investigación, se basaron en la determinación de la dosificación de cada uno de los materiales utilizados para lograr una mezcla óptima; (PET, cemento, arena, piedra y agua) que pudiera servir más adelante como material de construcción de obras civiles y como un nuevo método de disposición final de los residuos de PET. A continuación, se presentan las cantidades de cada uno de los componentes de las mezclas realizadas.

*Tabla 10. Componentes de las mezclas*

<b>MEZCLA</b>					
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>PET (Kg)</b>	2,017	2,560	0,00	0,00	1,700
<b>CEMENTO(Kg)</b>	76,450	6,240	6,390	3,750	6,420
<b>ARENA (Kg)</b>	44,013	16,670	35,20	17,750	35,030
<b>PIEDRA (Kg)</b>	0,00	19,620	0,00	17,750	0,00
<b>AGUA (L)</b>	5,275	4,710	4,700	4,300	4,730

En donde:

Mezcla A: Mortero con un 5% de Polietileno Tereftalato reciclado.

Mezcla B: Concreto con un 15% de Polietileno Tereftalato reciclado.

Mezcla C: Mezcla patrón de mortero.

Mezcla D: Mezcla patrón de concreto.

Mezcla E: Mortero con un 10% de Polietileno Tereftalato reciclado. [31]

Según la anterior investigación, se concluyó que:

El PET puede ser usado como agregado en las mezclas, a fin de contribuir al proceso de disposición final de los residuos plásticos contaminantes, lo cual ayuda de forma indirecta a disminuir el impacto ambiental. Dichas mezclas pueden utilizarse en la construcción de elementos de obras civiles, cuyas cargas y su durabilidad estén limitadas a cierto rango.

La elección de la dosificación de los agregados y el cemento no sólo corresponden a valores de resistencia y durabilidad, sino que también debe tomarse en cuenta el factor económico.

Al mantener constante la cantidad de cemento y variar la cantidad de arena para agregar el PET, hace que varíe la resistencia a compresión.

Al agregar PET a una mezcla de concreto se pierde un poco de resistencia, aunque con la obtenida se podría utilizar como mezcla para elementos que no requieran de estética o para bloques u otros elementos que no soporten importantes cargas.

Para poder realizar un diseño de mezcla óptimo utilizando el PET como agregado, no se puede sustituir la arena de la mezcla, ya que al eliminar los agregados finos se pierde mortero y se producen discontinuidades dentro del mismo.

La geometría irregular del PET con el que se realizaron las muestras, influyó de forma negativa en el comportamiento de la mezcla endurecida, según lo observado.

La densidad de la mezcla de PET – Cemento es menor que los concretos o morteros, ya

que el PET es menos pesado que la arena y la piedra, lo que hace que la mezcla sea más liviana, lo cual la hace interesante en estructuras sometidas a bajas cargas.

Con respecto a la absorción se puede concluir que la mezcla de PET – Cemento absorbe mayor cantidad de agua que las mezclas con las que fue comparada, esto se debe a que al poseer menor cantidad de finos existen más espacios vacíos dentro de la mezcla que son colmados de agua al momento de sumergirla en el líquido.

Los ensayos de erosión realizados a las mezclas de PET arrojaron valores tales que demuestran que estas mezclas se ven más afectadas por factores externos como lluvia y viento (simulados en el laboratorio) que las muestras patrón así como también las muestras de Ripio de cantera y suelo cemento. [31]

Encontramos dentro de esta investigación, que los procedimientos realizados en la toma de muestras, ensayos realizados y toma de resultados, se asemejan a nuestro proyecto de investigación, lo cual aporta información importante el cual nos sirve de referencia, sin embargo, la normativa aplicada para este proyecto se rigió bajo los parámetros del país de Venezuela.

## **Capítulo 3**

### **Metodología**

Dentro de la metodología de la investigación, encontramos que nuestro proyecto de grado tiene como fin, plantear una alternativa en la construcción de vivienda de bajo costo con material de desecho como lo es el plástico reciclado, para el desarrollo del proceso encontramos que este trabajo obedece a cuatro fases, las cuales son de carácter investigativo y experimental.

#### **3.1 Fases del trabajo de grado**

El proceso metodológico para el desarrollo de nuestra investigación se encuentra enmarcado en diferentes fases, las cuales obedecen al seguimiento del EDT y el CRONOGRAMA DE TRABAJO; dichas etapas se definieron con el fin de tener una visión más clara del proceso que se realizó y se proyectó, para llevar a cabo el cumplimiento de nuestros objetivos.

##### **Proceso de investigación**

En primer lugar, durante el desarrollo de esta etapa se realizó una evaluación de criterios en cuanto al planteamiento de una posible solución que diera respuesta a problemáticas en cuanto a vivienda, medio ambiente y economía se refieren, aspectos que se analizaron desde un punto de vista sostenible y tecnológico, lo cual nos llevó a formular nuestro proyecto de investigación enfocado en la fabricación de un bloque prefabricado con aditivos de plástico reciclado para mampostería no portante.

Realizada esta etapa de lluvia de ideas y planteamientos, se continuo con un proceso de investigación, dando lugar al desarrollo del proyecto, el cual consistió en realizar una recolección de información referente a nuestro tema de investigación, enfocada en los estudios que se tienen con respecto al contenido de nuestro proyecto; nuevos materiales, trabajos realizados al respecto,

avances tecnológicos, variables, normativa aplicable; entre otros criterios los cuales fueron estudiados y analizados, permitiendo realizar la estructuración de nuestro anteproyecto.

### ***Prototipos de bloques plásticos.***

Debido a que esta etapa correspondió a una segunda fase, la cual conllevó a una metodología de contenido experimental, este proceso se realizó dentro de las fechas establecidas en el cronograma de trabajo.

### **Elaboración del ladrillo prototipo**

Se analizó varias posibilidades para la obtención de la materia prima (PET), entre ellas adquirir la misma a las diferentes asociaciones de recicladores para transformarlas en la materia prima necesaria para el presente proyecto, pero debido a problemas de tiempo y logística se decidió adquirir el PET a través de MICROFIBRAS FIBERSTRAND. Las Microfibras FIBERSTRAND se utilizan para el control de grietas por contracción plástica y son ideales para aplicaciones en placas, elementos prefabricados, concreto lanzado, entre otros. Están disponibles en polipropileno y nylon.

Para este proyecto escogimos el aditivo FIBERSTRAND 150 – “Microfibra de polipropileno”, la cual fue suministrada por el proveedor PROMOPLAST, y proviene de la trituración de las botellas de PET.



*Figura 15. Fotografía PET triturado, Proveedor PROMOLAST*

Para futuras investigaciones se podría plantear la recolección del proceso, es decir, la compra del PET a todas a industrias, universidades, colegios, con la finalidad de crear una empresa para la elaboración de Ladrillos de Plástico Reciclado que no existe en nuestra ciudad, de esta manera se potencializaría los procesos de reciclaje en la ciudad, se fortalecería la preservación del planeta para mantener sus ecosistemas evitando la sobreexplotación de los recursos naturales.

### **Proceso de la elaboración del ladrillo de plástico (pet)**

Para dar cumplimiento a los objetivos establecidos y el seguimiento de la línea base del cronograma se realizó el siguiente procedimiento para el diseño y ensayos. Al ser un estudio de tipo experimental que se desarrolló y analizo en el laboratorio, incluyendo el diseño de mezclas, utilizando los siguientes materiales; cemento, árido del sector y PET.

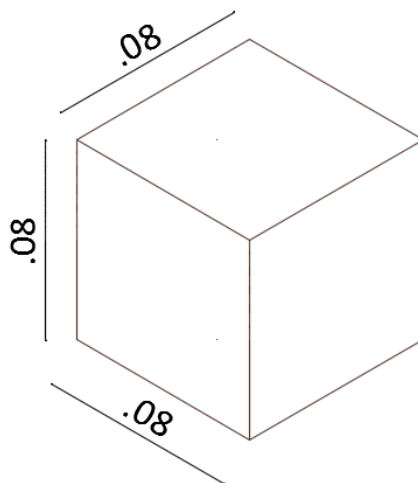
Una vez establecido de dónde procederá la materia prima PET y árido se determina los parámetros que se emplearan en la mezcla, (muestreo, ensayos del árido; determinación de materia orgánica, pesos específicos, pesos volumétricos, análisis granulométrico).

Debido a que en nuestro país no existe una normativa sobre este tipo de ladrillos de plástico, se creo un modelo con el que se realizaron los procesos de comparación para alcanzar

estándares de calidad, es decir, se creó un ladrillo con arena común de libre venta en la ciudad de Bogotá, ya que se utilizaron los materiales existentes de la zona de influencia, por lo tanto, a este material se analizó para obtener el módulo de finura y densidad, con el que se elaboró un mortero con la dosificación correspondiente a 1:2

La razón de porqué se toma esta dosificación se debe a que, en toda bibliografía consultada no existe una clara orientación para el establecimiento de determinada mezcla y más aún se ha estandarizado a nivel de todo proyecto de investigación este tipo de dosificaciones, con la finalidad de investigar el comportamiento de los morteros y obtener una dosificación modelo con la cual se pueda comparar en este caso con los futuros ladrillos de plástico.

Una vez establecida las dosificaciones de morteros con la cual se tenía como referencia, se procede con el armado de la formaleta en madera de pino de los moldes con unas dimensiones de 8cm (Ancho) x 8cm (Largo) x 8cm (Profundidad) formando las cavidades para la fundida de los cubos en concreto con los respectivos aditivos.



*Figura 16. Dimensiones probetas para fundida de prototipos.*





*Figura 17. Fotografías Armado de formaleta y dimensiones*

Con los resultados finales, arrojados con la dosificación 1:2 y según los ensayos se encontró la **DOSIFICACIÓN ÓPTIMA** con la cual se elaboró el **LADRILLO PATRÓN**. A esta dosificación óptima se le adiciono porcentajes proporcionales al 10%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% de PET en sustitución de la arena del ladrillo patrón, el mismo que obtuvo un proceso de moldeado y prensado en moldes.

Una vez elaborados, se ensayaron en la prensa para conocer sus características (resistencia a la compresión y absorción) Posteriormente se recopilaron y analizaron los

resultados para buscar las conclusiones finales.

### **Materia Prima, Agregados**

#### ***Pet (Tereftalato De Polietileno)***

Una vez identificada y obtenida la materia prima se procedió a la selección y limpieza de la misma, ya que para el proceso se necesita que el PET esté libre de cualquier impureza y grasa que pueda evitar su adherencia con el mortero. Para la limpieza de este material se utilizó agua limpia, sin detergente o aditivo, para evitar la adición de aceite o grasas de estos elementos.



*Figura 18. Lavado y limpieza de PET*

#### ***Cálculo granulométrico del pet (módulo de finura)***

El material obtenido producto tiene ciertas condiciones semejantes al árido fino, es por este criterio que en primera instancia se definió de forma empírica el tamaño adecuado. Posteriormente, la materia prima fue sometida a un análisis granulométrico en el laboratorio. El agregado fino deberá estar graduado entre los límites fino y grueso, para esta actividad se realizó un proceso de tamizado en el laboratorio.

Tabla 11. Granulometría del pet utilizada para la elaboración de los ladrillos

TAMIZ #	ABERTURA	PESO RETEN.	P. RET. ACUM	%	%
	mm	gr	gr	RETENIDO	PASA
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N.4	4.75	0.58	0.58	0.92	99.08
N.8	2.38	25.71	26.29	41.73	58.27
N.16	1.19	31.51	57.80	91.75	8.25
N.30	0.59	4.27	62.07	98.52	1.48
N.50	0.30	0.47	62.78	99.27	0.73
N.100	0.15	0.24	62.78	99.65	0.35
<b>PASA # 200</b>		0.22			
<b>TOTAL</b>		63.00			

PASA TAMIZ N.4 \_\_\_\_\_

PESO ANTES DEL ENSAYO \_\_\_\_\_ PESO ANTES DEL LAVADO 63 gr.PESO DESPUES DEL ENSAYO \_\_\_\_\_ PESO DESPUES DEL LAVADO 63 gr.**RESULTADOS****DIAM. EFECTIVO**

D10= 1.23mm

**COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD**

CU= 2.01mm

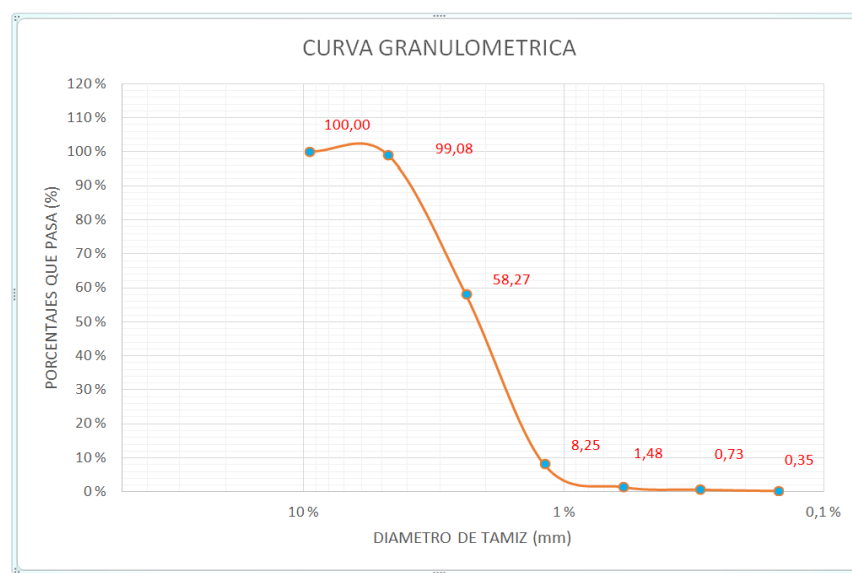
**COEFICIENTE DE CURVATURA**

Cc= 0.95mm

**MODULO DE FINURA**

MF= 4.32mm

Figura 19. Curva de granulometría obtenida para el PET



En la tabla No.11 y en la figura No. 19 se observa el ensayo granulométrico del PET, que

servirá para reemplazar al árido fino y de esta manera lograr alivianar el ladrillo.

### *Arena*

Árido fino (arena de río). La arena se la considera como agregado fino, este material debe ser inerte y libre de impurezas orgánicas para que afecten en la resistencia del mortero en el caso de este estudio de ladrillo.

El agregado fino deberá estar graduado entre los límites fino y grueso, tener granulometría adecuada (ASTM 33 o NTC 174).

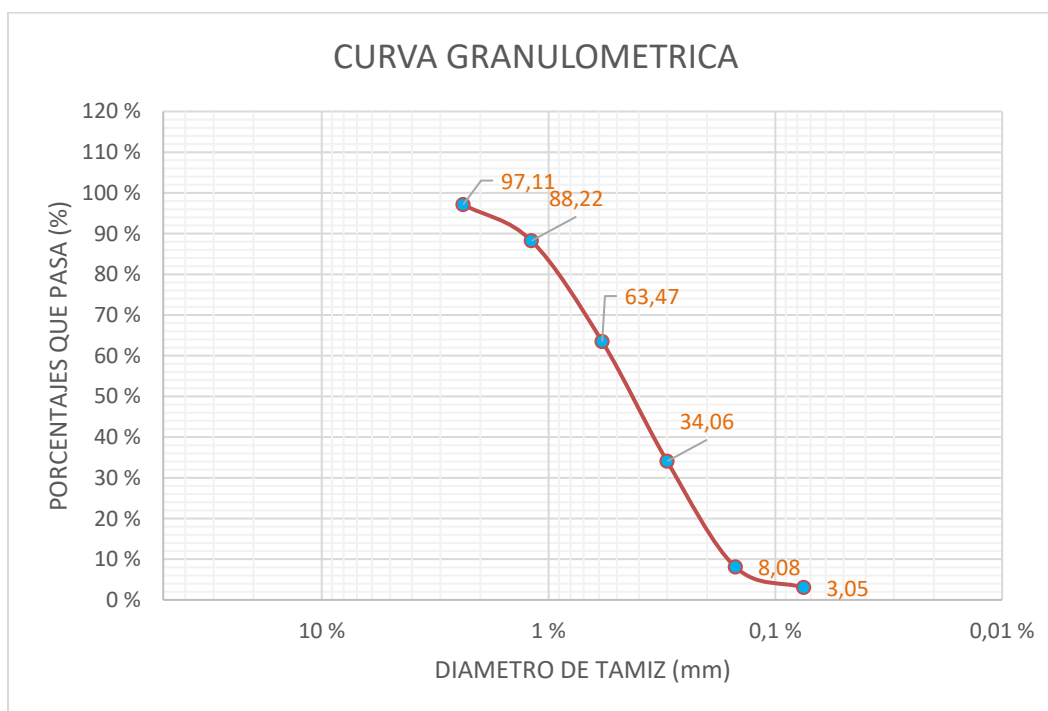
### *Cálculo granulométrico de la arena (módulo de finura)*

A continuación, se muestra la granulometría realizada a la arena; dando un módulo de finura de 2,09 el cual está dentro del rango.

*Tabla 12. Granulometría de la arena utilizada para la elaboración de los ladrillos*

<b>TAMIZ #</b>	<b>ABERTURA</b>	<b>PESO RETEN.</b>	<b>PESO TE. ACUM.</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
	<b>mm</b>	<b>gr</b>	<b>gr</b>	<b>RETENIDO</b>	<b>PASA</b>
<b>N.8</b>	2.38	13.04	13.04	2.89	97.11
<b>N.16</b>	1.19	40.20	53.24	11.78	88.22
<b>N.30</b>	0.58	11.80	165.04	36.53	63.47
<b>N.50</b>	0.30	132.90	297.94	65.94	34.06
<b>N.100</b>	0.15	117.40	415.35	91.92	8.08
<b>N.200</b>	0.08	22.70	438.04	96.95	3.05
<b>PASA #200</b>		0.9	0.9		
<b>TOTAL</b>		451.83			
<b>MODULO DE FINURA 2,09mm</b>					

Figura 20. Curva de granulometría obtenida para la arena



### **Cemento**

El cemento es el material que sirve para adherir o conglomerar las partículas de los agregados, logrando la unión de los materiales pétreos que forman una masa consistente, resistente y compacta. El tipo de cemento más utilizado en la ciudad de Bogotá como aglomerante para la preparación del mortero es el cemento portland tipo I. Para la elaboración del ladrillo se ha utilizado el Cemento Portland Puzolánico Tipo IP. La calidad del cemento portland deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C150. El cemento que se utilice en la elaboración del ladrillo debe cumplir con los requisitos de la norma NTC 4026 y la NTC 121 (ASTM 150), entre otros.

### **Diseño De Morteros**

#### ***Dosificación 1:2***

Para la elaboración del ladrillo patrón, en primera instancia se procedió con el diseño de

morteros tomado en cuenta que los materiales utilizados son elaborados y extraídos de la región central de nuestro País, para este diseño, se utilizó una relación de agregado de arena, cemento y agua con relación 1:2, donde según la norma NTC 4205, corresponde a una resistencia específica de 45 Kg/Cm<sup>2</sup> con un porcentaje de Resistencia de 30% a los 7 días de fallado en laboratorio, resistencia específica de 53 Kg/Cm<sup>2</sup> con un porcentaje de Resistencia de 35% a los 14 días de fallado en laboratorio y resistencia específica de 58 Kg/Cm<sup>2</sup> con un porcentaje de Resistencia de 38% a los 21 días de fallado en laboratorio.

Para la elaboración de estos morteros que sirvieron como base para la confección de las probetas cúbicas, se utilizaron moldes de 8cm (Ancho) x 8cm (Largo) x 8cm (Profundidad), con los materiales establecidos; arena analizada en laboratorio y cemento Holcim.

El procedimiento para obtener la dosificación está de acuerdo con los siguientes pasos:

- Se calcula la cantidad de mortero que ingresara en los moldes en madera.
- De la cantidad de arena necesaria se establece los porcentajes para la dosificación 1:2
- La cantidad de agua se la estableció en el 48% de la cantidad de cemento.

*Tabla 13. Diseño de mortero 1/2*

<b>MORTERO 1/2</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Arena amarilla de peña.	50%
Cemento Holcim	50%
Agua	24%

Cada dosificación según sus porcentajes, se vertió en probetas con la finalidad de obtener cuatro cubos; el proceso de relleno se lo hizo por tres capas de 2.7 cm de espesor aproximadamente y cada una se compactaron con un pisón normalizado a razón de ocho golpes en un sentido y ocho golpes en otro sentido y posteriormente la superficie externa fue alisada con

una paleta apropiada para el proceso.

### **Dosificaciones Con Agregados De Pet (Tereftalato De Polietileno)**

Las probetas utilizadas para la elaboración de las mezclas, corresponden a cubos de 8cm (Ancho) x 8cm (Largo) x 8cm (Profundidad), se utilizó la arena analizada en laboratorio, cemento Holcim, y agregado de PET, donde se buscó la cantidad exacta de cada una de las mezclas establecidas según los porcentajes que corresponden a un 10%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% de PET en sustitución de la arena del ladrillo patrón.

Cada dosificación según sus porcentajes, se vertió en probetas con la finalidad de obtener dos cubos por cada una de ellas; el proceso de relleno se lo hizo por tres capas de 2.7 cm de espesor aproximadamente y cada una se compactaron con un pisón normalizado a razón de ocho golpes en un sentido y ocho golpes en otro sentido y posteriormente la superficie externa fue alisada con una paleta apropiada para el proceso. Estas mezclas se realizaron el día 10 de Octubre de 2018.



*Figura 21. Alistado de materiales, fundida de mezclas*



*Figura 22. Elaboración de probetas según dosificaciones.*

Una vez cumplidos 5 días desde el día de la fundida, se procedió con el desencofrado de las muestras para ser llevadas a laboratorio y someterlas a resistencia de compresión de cilindros de concreto, las cuales se fallaron el día 16 de Octubre de 2018 y el día 23 de Octubre para 7 y 14 días respectivamente, donde se determinó entre otros parámetros su resistencia a la compresión, previo a este proceso se requirió tomar el peso y medir todas y cada una de las muestras para tener los datos suficientes para posteriormente realizar la tabulación y cálculos. *(Ver anexo 1, resultados de laboratorio)*

Los resultados de las diferentes dosificaciones se pueden apreciar en la tabla 14 y tabla 15, que se transcribieron del resultado del laboratorio, donde se especifica las medidas, pesos, área, volumen, fechas de rotura por día, carga y resistencia de cada mortero.







### **3.2 Cronograma y presupuesto seguimiento**

#### **EDT/WBS**

Para lograr definir el alcance de nuestro proyecto decidimos realizar una estructura de descomposición del trabajo EDT/WBS el cual nos permitió definir cada uno de los procesos para la ejecución de nuestro proyecto, el cual plasma cada uno de los entregables requeridos y a su vez cumplir con los objetivos trazados. El propósito de este EDT es organizar de manera jerárquica y descendente los pasos para el cumplimiento de nuestra investigación y realizar la entrega de nuestro producto, en este caso el prototipo de un bloque a partir del plástico reciclado [7].

Posterior a la creación del EDT, se plasma mediante un cronograma los tiempos, procesos, recursos y acciones requeridas para el desarrollo del proyecto de investigación, el cual se le realizara un seguimiento y evaluación a cada una de sus actividades.

*Anexo 2 EDT “proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda”*

#### **Programación**

La programación que se realizó para el proyecto es el resultado de la planificación y en ella se detallan todas las tareas necesarias para concluir el proyecto en los plazos previstos al igual que las duraciones, los inicio y fin de cada tarea y los recursos y costos de cada actividad.

*Ver anexo No. 31 Programación “proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda”.*

*Tabla 16. Presupuesto de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$)*

<b>RUBROS</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Personal	\$300.000	\$300.000
Equipos	\$8.000.000	\$8.000.000
Software	\$200.000	\$200.000
Viajes	\$65.000	\$65.000
Materiales	\$40.400	\$40.400
Material bibliográfico	\$70.000	\$70.000
Servicios técnicos	\$100.000	\$100.000
Total	\$8.775.400	\$8.775.400

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Elaboración propia)

*Tabla 17. Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$)*

<b>EQUIPO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Portátil ASUS	\$ 2.500.000
Computador de mesa	\$ 3.000.000
Celulares	\$ 2.500.000
Total	\$8.000.000

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Elaboración propia)

*Tabla 18. Descripción del software que se planea adquirir (en miles de \$)*

<b>SOFTWARE</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Proyect 2016	Programación	\$138.000
Office 2016	Informe	\$62.000
Total		\$200.000

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Elaboración propia)

*Tabla 19. Descripción y justificación de los viajes (en miles de \$).*

<b>LUGAR / NO. DE VIAJES</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>PASAJES (\$)</b>	<b>ESTADÍA (\$)</b>	<b>TOTAL DÍAS</b>	<b>TOTAL</b>
Laboratorio	Ensayos	\$10.00	N/a	5	\$50.000
Icontec	Derecho de petición (patente- normatividad)	\$5.000	N/a	3	\$15.000
Total					\$65.000

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Elaboración propia)

*Tabla 20. Materiales y suministros (en miles de \$)*

<b>MATERIALES</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Bulto cemento portland tipo i	Materia prima para la fabricación del bloque plástico reciclado	\$ 22.400
Bulto de plástico reciclado	Materia prima para la fabricación del bloque plástico reciclado	\$ 18.000
Total		\$40.400

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Elaboración propia)

*Tabla 21. Bibliografía (en miles de \$).*

<b>ÍTEM</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Construdata	Análisis de precios unitarios	\$70.000
Total		\$70.000

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Elaboración propia)

*Tabla 22. Servicios Técnicos (en miles de \$).*

<b>TIPO DE SERVICIOS</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
--------------------------	----------------------	--------------------

Laboratorio	Se requiere para los ensayos de laboratorio necesarios.	\$100.000
Total		\$100.000

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Elaboración propia)

### 3.3 Instrumentos o herramientas utilizadas

*Tabla 23. Herramientas utilizadas para desarrollo del proyecto.*

---

#### **HERRAMIENTAS DEL PMI PARA GERENCIA DE PROYECTOS**

---

1. Software para la programación de tareas (*Anexo 3*)
2. EDT Estructura de descomposición del trabajo (WBS) (Proyecto, Entregables, Paquetes de trabajo) (*Anexo 2*)
3. Matriz DOFA (Debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas) (*Anexo 4*)
4. Acta de constitución – Project Charter (*Anexo 5*)
5. Declaración del alcance (*Anexo 6*)

#### **HERRAMIENTAS DE SOFTWARE**

1. Microsoft Office
2. Microsoft Project
3. Autocad- Autodesk
4. Adobe Ilustrador
5. Corel Draw

#### **MATERIALES**

1. Cemento Tipo I
  2. Puntillas ½ “
-

- 
3. Molde en madera de pino
  4. Probetas
  5. Elementos de protección personal; monogafas, tapabocas, guantes.
  6. Unicel
  7. Listón de madera
  8. Agua
  9. Aditivos químicos (Sika FF-86)
  10. Plástico PET
  11. Pala y palustre
  12. Varilla compactadora
- 

Datos obtenidos de la investigación (fuente: Elaboración propia (24/05/2018))

### **3.4 Alcances y limitaciones**

#### **Alcances**

Dentro del proyecto de grado que estamos abordando y adicional a los objetivos trazados se tiene como finalidad cumplir con los siguientes criterios:

- Implementar una alternativa de sistema constructivo a bajo costo utilizando residuos plásticos como materia prima para su producción.
- Desarrollar un elemento constructivo para mampostería no portante como es el bloque plástico a partir de agregados que cumplan la función y norma de los sistemas tradicionales.
- Ayudar a la conservación del medio ambiente ya que se utiliza como materia prima, materiales reciclados como lo es el desecho de plástico.
- Reducir costos en la construcción de vivienda y que permita mejorar la calidad de las

personas de escasos recursos.

- Realizar un modelo comparativo de costos y tiempos para una vivienda de interés social tradicional (bloque en mampostería) vs el costo de una vivienda (bloque plástico a partir de material reciclado).
- Se definirá un EDT y un Cronograma al cual se le realizará el debido seguimiento para la ejecución del proyecto.
- Investigar qué tipo de plástico reciclado se puede utilizar para la fabricación del bloque plástico.
- Realizar diferentes tipos de mezclas con porcentajes de agregados de plástico reciclado.
- Realizar las correspondientes pruebas de laboratorio, verificando si estos bloques cumplen con la normativa existente de mampostería no estructural.
- Realizar un prototipo de bloque plástico a escala 1:1 partiendo del material reciclado plástico.
- Indagar que tipo de empresas incursionan en este tipo de proyectos.
- Realizar un informe final del proceso de fabricación del bloque con agregados de plástico reciclado.
- Realizar un análisis de precios unitarios APU del bloque plástico. (Anexo 7).
- Realizar dos piezas graficas correspondientes a la metodología para la construcción de vivienda con bloques a base de plástico reciclado.

### **Limitaciones**

- Estudios de mercado que están implementando un sistema constructivo similar a base de agregados de plástico reciclado.
- Analizar la población beneficiada con este tipo de proyectos.



- Dentro del proceso, no se estudiará si el sistema constructivo presenta desperdicios, estos se tomarán con respecto a la experiencia con materiales tradicionales.

## **Capítulo 4**

### **Resultados**

#### **Objetivos específicos**

##### **4.1 Objetivo específico 1**

- Investigar las características y normas que se aplican en los sistemas constructivos tradicionales y los diferentes tipos de plásticos que se pueden utilizar para la fabricación del bloque.

De acuerdo al desarrollo del proyecto, se evidencia que esta investigación se elaboró en la etapa de anteproyecto, la cual se encuentra dentro del presente documento y muestra la normativa aplicable para mampostería no portante o no estructural, de igual manera la tipología de plásticos existentes y sus propiedades.

##### **4.2 Objetivo específico 2**

- Establecer un cronograma de actividades que nos sirva como recurso para la transcripción de tiempos, recursos y acciones para la ejecución de nuestro proyecto de investigación.

Para lograr definir el alcance de nuestro proyecto decidimos realizar una estructura de descomposición del trabajo EDT/WBS el cual nos permitió definir cada uno de los procesos para la ejecución de nuestro proyecto, el cual plasma cada uno de los entregables requeridos y a su vez cumplir con los objetivos trazados. Posterior a la creación del EDT, se plasma mediante un cronograma los tiempos, procesos, recursos y acciones requeridas para el desarrollo del proyecto de investigación, el cual se le realizara un seguimiento y evaluación a cada una de sus actividades.

La programación que se realizó para el proyecto es el resultado de la planificación y en ella se detallan todas las tareas necesarias para concluir el proyecto en los plazos previstos al igual que las duraciones, los inicio y fin de cada tarea y los recursos y costos de cada actividad.

#### **4.3 Objetivo específico 3**

- Realizar diferentes tomas de muestras con porcentajes variables de aditivo de plástico reciclado.

#### **4.4 Objetivo específico 4**

- Analizar los resultados de las pruebas en laboratorio, y comparar con agregados de plástico reciclado vs propiedades de sistemas tradicionales.

#### **4.5 Objetivo específico 5**

- Realizar los análisis de precios unitarios (APU) de los bloques con polímeros de agregados de plástico PET.

De acuerdo a los objetivos planteados en cuanto al diseño de mezclas con agregados de PET, análisis de los resultados de laboratorio y el costo por unidad de un bloque con agregados de polímeros de PET, encontramos dentro de este documento dos procesos los cuales conllevan por una parte a un desarrollo de tipo investigativo y por otro a un orden de tipo experimental.

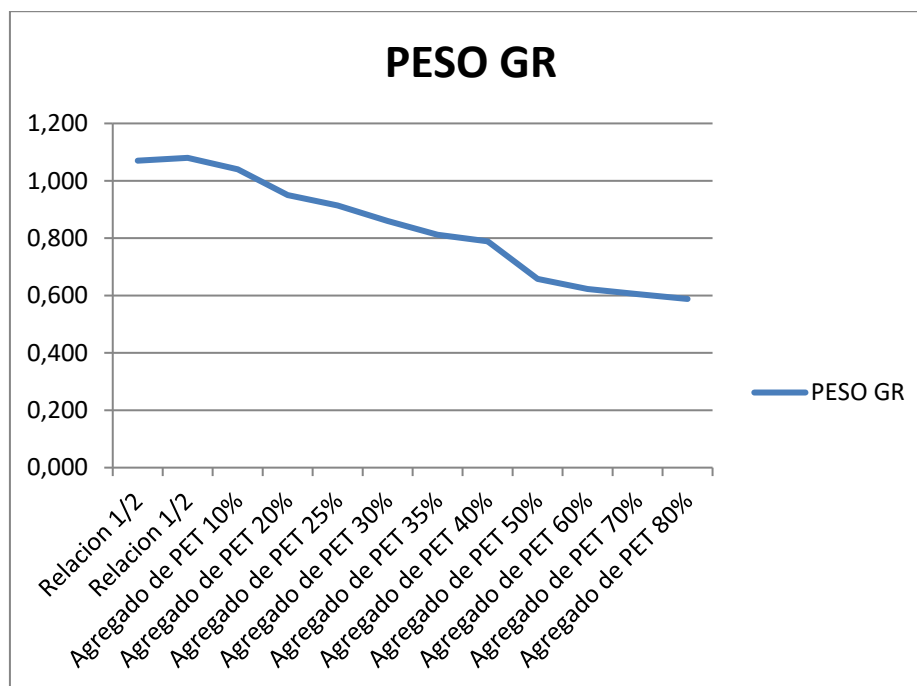
Una vez realizadas la toma de muestras con los diferentes porcentajes de agregados de plástico reciclado y llevadas estas muestras para ser analizadas en laboratorio, encontramos que de los datos obtenidos podemos deducir:

- La forma, textura, medidas y peso de los ladrillos presentan excelentes condiciones, debido a que su aspecto, presentación y forma.
- Son de textura lisa, obtenidos durante el proceso de fundida y posterior curado, lo

cual le da un valor agregado adicional a este nuevo material de construcción, principalmente porque una vez puesto en obra no sería necesario tener que realizar el clásico revoque o pañete, que en la actualidad representa un rubro muy elevado en los costos finales de una edificación, por lo tanto, se generarían ahorros económicos, reduciendo considerablemente los presupuestos en las diferentes obras tanto públicas como privadas.

- En cuanto a su peso, se encuentra una característica muy importante la cual destacar ya que el mismo es considerablemente mucho más liviano que su par constructivo (bloque de mortero con cemento y arena), si observamos en la tabulación de las tablas (anexo 1) se evidencia que al aumentar los agregados en porcentaje de PET, se reduce considerablemente el peso de las muestras, porque el mismo tiene un peso promedio de 0.784 gr y su par el ladrillo convencional, tiene 1.075 gr en promedio.

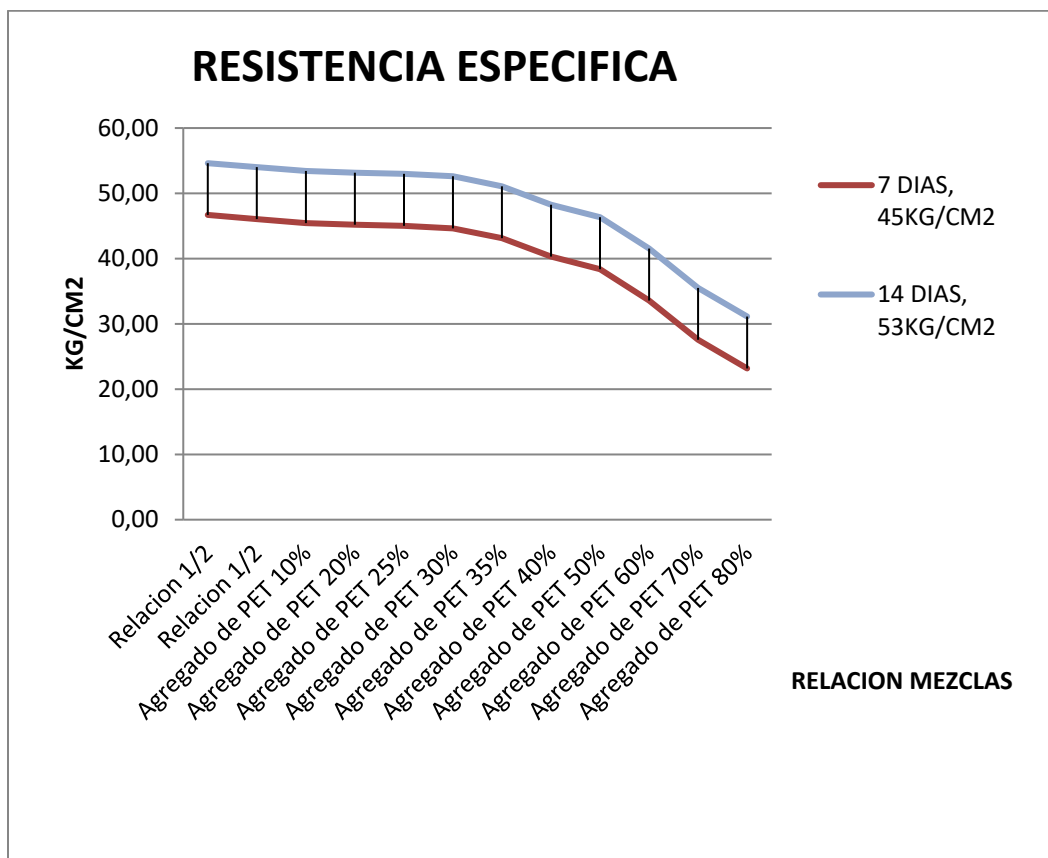
*Tabla 24. Peso muestras según agregados de PET*



- Si bien es cierto que se debe cumplir con una resistencia especifica de acuerdo a lo

que dicta la norma y una vez verificados los resultados de laboratorio, se evidencia que los agregados de PET, con porcentaje al 10%, 20% y 25%, cumplen con la resistencia específica requerida. Los porcentajes de PET al 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% se encuentran por debajo de la resistencia, por lo cual son descartan estas muestras.

Tabla 25. Resistencia específica ensayos de laboratorio.



- Según los datos obtenidos en el párrafo anterior, se deduce que la mezcla con agregado de PET al 25%, cuenta con el estándar requerido en cuanto a resistencia específica a los 7 días y 14 días de fallado, adicional se encuentra una diferencia significativa en cuanto al peso en relación con el ladrillo convencional, de lo anterior se podría decir que representa una significativa reducción de carga muerta a todas las

edificaciones que se construirían con este nuevo material alternativo y ecológico. Se debe destacar que para el análisis anterior se toma en cuenta los pesos de todos los ladrillos, independientemente de su dosificación y medidas, lo cual significa una variedad distinta de tamaños y pesos, pero de igual manera ocurre con los ladrillos convencionales, ya que al ser fábricas diferentes presentan serias irregularidades en cuanto a su peso y medidas.

#### **4.6 Objetivo específico 6**

- Realizar el análisis de costo financiero de una planta de producción para la fabricación de un bloque a base PET y lograr así determinar la rentabilidad del proyecto y las variables financieras que influyen en el mismo.

##### **4.6.1 Pronostico De Ventas Del Mercado**

El pronóstico de venta se realizó con base en un artículo de mercado tomado de la Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL realizado durante el año 2011 donde mencionan que se vendieron a nivel de Colombia alrededor de \$ 60.000.000 MC. Teniendo esta cifra como base se realizó a partir de ese año (2011) un estudio de mercado de unidades de ladrillo asumiendo un incremento del 6% anual hasta el 2017, un total de unidades vendidas al 2017 de 408.624.927 UND y con ello se realizó un pronóstico futuro a 5 años de la cantidad de unidades que se tendrán en el mercado hasta el 2022. A continuación, detalla lo que se realizó para encontrar el pronóstico de ventas de unidades de ladrillo:

Tabla 26. Pronostico de ventas

No. de periodos	Ventas (UND)	Años
1	48,681,538	2011
2	51,602,430	2012
3	54,698,576	2013
4	57,980,491	2014
5	61,459,320	2015
6	65,146,879	2016
7	69,055,692	2017
<b>TOTAL</b>	<b>408,624,927</b>	
8	71,942,433	2018
9	75,334,294	2019
10	78,726,155	2020
11	82,118,016	2021
12	85,509,876	2022

CAPTACIÓN DEL MERCADO	10%
-----------------------	-----

PRECIO DE VENTA	\$639
-----------------	-------

CRECIMIENTO PRECIO	2%
--------------------	----

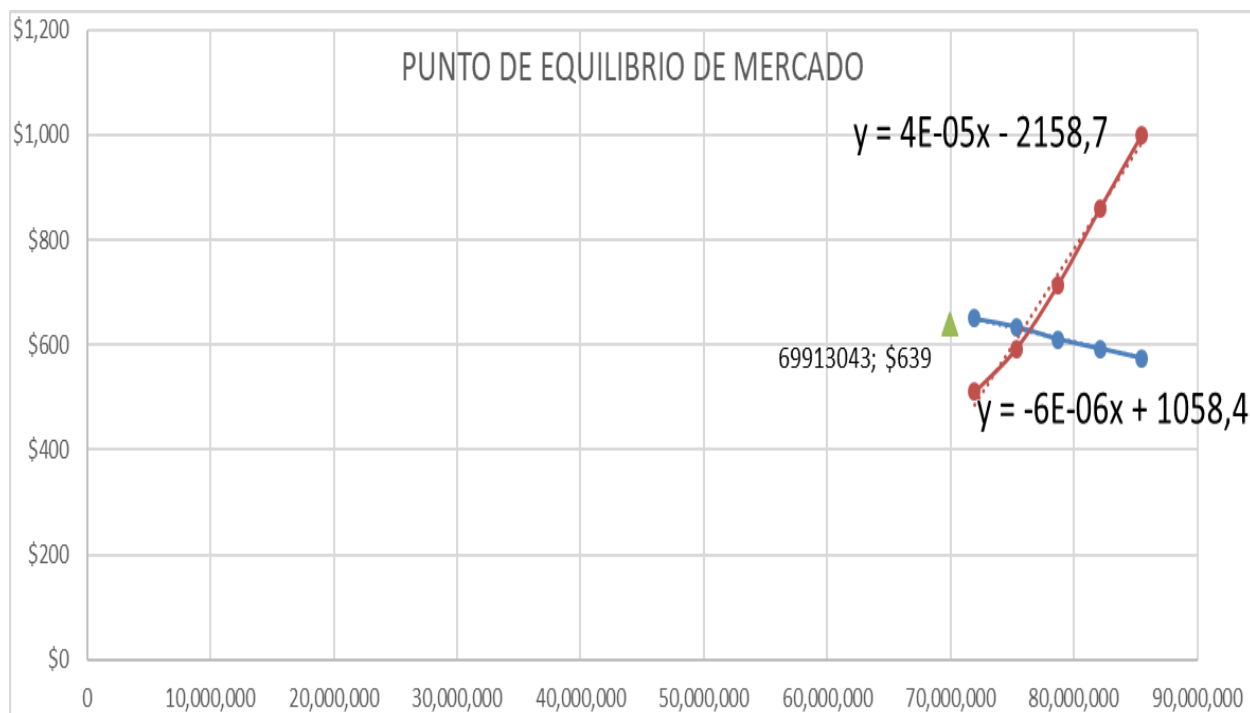
Notas:

- Incremento anual del 6% del año 2011 hasta el 2017
- Es lo que vamos a captar del mercado del 10%
- Asumimos un incremento del precio del 2% anual

#### 4.6.2 Punto de equilibrio del mercado

Tabla 27. Punto De Equilibrio Del Mercado

OFERTA			DEMANDA		
Años	Unidades	Precio	Años	Unidades	Precio
2018	71,942,433	\$650	2018	71,942,433	\$510
2019	75,334,294	\$635	2019	75,334,294	\$593
2020	78,726,155	\$611	2020	78,726,155	\$715
2021	82,118,016	\$593	2021	82,118,016	\$860
2022	85,509,876	\$575	2022	85,509,876	\$1,000



*Figura 23. Punto De Equilibrio De Mercado*

Igualamos las ecuaciones a “cero”

X	Y
69913043	\$ 639

OFERTA=  $\hat{Y} - 6E-06X - 1058 = 0$

DEMANDA=  $\hat{Y} - 4E-05X + 2158 = 0$

X	Y	VARIAB. INDEP.	ECUACIÓN
-0.000040	1	\$2,158	\$0
0.000006	1	-\$1,058	\$0



Tabla 28. Presupuesto de ventas en pesos

ITEM	DESCRIPCION	UN	VARIACION PERIODO 2			VARIACION PERIODO 3			VARIACION PERIODO 4			VARIACION PERIODO 5			TOTAL				
			PPTO UNIDADES	PRECIO VENTA UNIT.	TOTAL INGRESOS	PPTO UNIDADES	PRECIO VENTA UNIT.	TOTAL INGRESOS	PPTO UNIDADES	PRECIO VENTA UNIT.	TOTAL INGRESOS	PPTO UNIDADES	PRECIO VENTA UNIT.	TOTAL INGRESOS	PPTO UNIDADES	PRECIO VENTA UNIT.	TOTAL INGRESOS	PPTO UNIDADES	TOTAL INGRESOS
1.0	PRODUCTO																		
1.1	BLOQUE TIPO 1	UN	7,194,243	\$ 639	\$ 4,597,121,467	7,533,429	\$ 652	\$ 4,910,138,604	7,872,615	\$ 665	\$ 5,233,837,577	8,211,802	\$ 678	\$ 5,568,520,455	8,550,988	\$ 692	\$ 5,914,497,112	39,363,077	\$ 26,224,115,214
CAPTACION DEL MERCADO			10.0%		\$ 15,170,501														

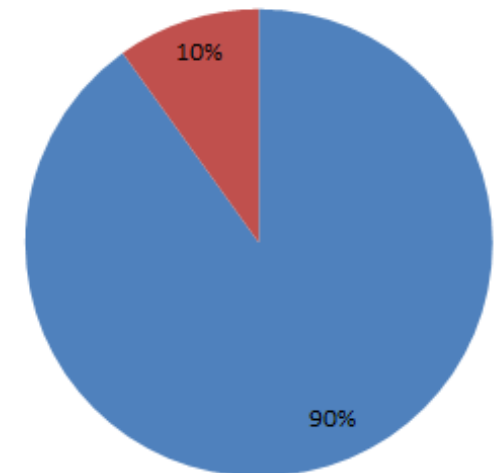
- El punto de equilibrio del mercado para Colombia según los pronósticos realizados es de 69'913.043,48 UND con un precio de venta para el año 2018 de \$ 639 pesos.
- Como asumimos que vamos a captar el 10% del mercado la cantidad de unidades que debemos producir mínima es de 6'991.304,3 UND, pero como el pronóstico realizado para el año 2018 es de 7'194.243 UND. Tenemos un excedente de producción de 202.938,7 UND para los cuales tenemos que buscar posibles compradores.

CAPTACIÓN DEL MERCADO = 10%

MERCADO ACTUAL (100%)	71.942.433 UND
CAPTACIÓN DEL MERCADO (10%)	7.194.243 UND

## PROYECCIÓN DE VENTAS

■ MERCADO ■ CAPTACIÓN DEL MERCADO



4.6.3 Presupuesto de inversión

Tabla 29. Presupuesto de inversión

PRESUPUESTO GENERAL (PLANTA Y EQUIPOS)	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR	VIDA	VALOR. SALVAMENTO (DEL VALOR DE COMPRA)	
1 PLANTA DE PRODUCCION BODEGA ARRIENDO PRIMER MES	1		\$3,000,000	20	67%	DEL VALOR DE COMPRA NOTA: SUMAR EL SALDO POR DEPRECIAR, AL VALOR DE
2 MAQUINARIA Y EQUIPO			\$168,074,500	10	40%	
3 MUEBLES Y ENSERES			\$6,904,200	5	25%	
4 COMPUTADORES Y EQUIPOS DE OFICINA			\$19,785,000	3	17%	
5 HERRAMIENTA MENOR			\$5,750,000	3	12%	
6 VEHICULOS			\$2,800,000	5	35%	
7 CAPITAL DE TRABAJO*			\$ 600,057,620			
				45	CF	
				60	CV	
<b>TOTAL DE INVERSIONES*</b>			<b>\$206,313,700</b>			

\* Estimar un colchon en costos fijos de 1.5 meses  
 \* Estimar un colchon en inventarios (mat.prima) de 2 meses.

\*No incluye capital de trabajo

Figura 24. Presupuesto de inversión



#### 4.6.4 Depreciaciones

Tabla 30. Depreciación de la línea recta

	VIDA	VLR. SALVAMENTO	1	2	3	4	5	
2 PLANTA DE PRODUCCION	\$3,000,000	20	67%	\$49,500	\$49,500	\$49,500	\$49,500	\$49,500
3 MAQUINARIA Y EQUIPO	\$168,074,500	10	40%	\$10,084,470	\$10,084,470	\$10,084,470	\$10,084,470	\$10,084,470
4 MUEBLES Y ENSERES	\$6,904,200	5	25%	\$1,035,630	\$1,035,630	\$1,035,630	\$1,035,630	\$1,035,630
5 COMPUTADORES Y EQUIPOS DE OFICINA	\$19,785,000	3	17%	\$5,473,850	\$5,473,850	\$5,473,850		
6 HERRAMIENTA MENOR	\$5,750,000	3	12%	\$1,686,667	\$1,686,667	\$1,686,667		
7 VEHICULOS	\$2,800,000	5	35%	\$364,000	\$364,000	\$364,000	\$364,000	\$364,000
			<b>TOTAL</b>	<b>\$18,694,117</b>	<b>\$18,694,117</b>	<b>\$18,694,117</b>	<b>\$11,533,600</b>	<b>\$11,533,600</b>

Tabla 31. Suma de los dígitos de los años

	VIDA	VLR. SALVAMENTO	1	2	3	4	5	
2 PLANTA DE PRODUCCION	\$3,000,000	20	67%	\$94,286	\$89,571	\$84,857	\$80,143	\$75,429
3 MAQUINARIA Y EQUIPO	\$168,074,500	10	40%	\$18,335,400	\$16,501,860	\$14,668,320	\$12,834,780	\$11,001,240
4 MUEBLES Y ENSERES	\$6,904,200	5	25%	\$1,726,050	\$1,380,840	\$1,035,630	\$690,420	\$345,210
5 COMPUTADORES Y EQUIPOS DE OFICINA	\$19,785,000	3	17%	\$8,210,775	\$5,473,850	\$2,736,925	\$0	\$0
6 HERRAMIENTA MENOR	\$5,750,000	3	12%	\$2,530,000	\$1,686,667	\$843,333	\$0	\$0
7 VEHICULOS	\$2,800,000	5	35%	\$606,667	\$485,333	\$364,000	\$242,667	\$121,333
			<b>TOTAL</b>	<b>\$31,503,177</b>	<b>\$25,618,121</b>	<b>\$19,733,065</b>	<b>\$13,848,010</b>	<b>\$11,543,212</b>

Tabla 32. Saldo fijo

	VIDA	VLR. SALVAMENTO	1	2	3	4	5	
2 PLANTA DE PRODUCCION	\$3,000,000	20	67%	\$60,000	\$58,800	\$57,624	\$56,472	\$55,342
3 MAQUINARIA Y EQUIPO	\$168,074,500	10	40%	\$14,790,556	\$13,488,987	\$12,301,956	\$11,219,384	\$10,232,078
4 MUEBLES Y ENSERES	\$6,904,200	5	25%	\$1,670,816	\$1,266,479	\$959,991	\$727,673	\$551,576
5 COMPUTADORES Y EQUIPOS DE OFICINA	\$19,785,000	3	17%	\$8,824,110	\$4,888,557	\$2,708,261	\$0	\$0
6 HERRAMIENTA MENOR	\$5,750,000	3	12%	\$2,915,250	\$1,437,218	\$708,549	\$0	\$0
7 VEHICULOS	\$2,800,000	5	35%	\$529,200	\$429,181	\$348,066	\$282,281	\$228,930
			<b>TOTAL</b>	<b>\$28,789,932</b>	<b>\$21,569,222</b>	<b>\$17,084,446</b>	<b>\$12,285,810</b>	<b>\$11,067,927</b>

Figura 25. Comportamiento De Las Distintas Depreciaciones

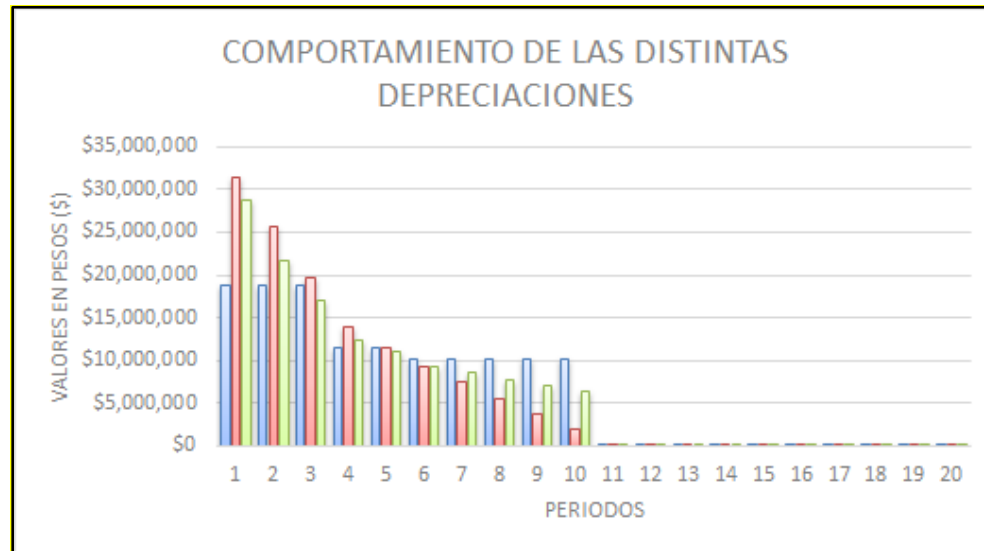


Tabla 33. Tipo De Depreciación

ID	TIPO DE DEPRECIACION	1	2	3	4	5
1	L.R	\$18,694,117	\$18,694,117	\$18,694,117	\$11,533,600	\$11,533,600
2	S.D.A	\$31,503,177	\$25,618,121	\$19,733,065	\$13,848,010	\$11,543,212
3	S.F	\$28,789,932	\$21,569,222	\$17,084,446	\$12,285,810	\$11,067,927

Tabla 34. Saldos Después De 5 Años

ID	TIPO DE DEPRECIACION	SALDO
1	L.R	\$51,164,850
2	S.D.A	\$28,068,814
3	S.F	\$39,846,765

Tabla 35. Valor De Salvamento

DESCRIPCIÓN	VALOR COMPRA	VALOR SALV.
PLANTA DE PRODUCCION	\$3,000,000	\$2,010,000
MAQUINARIA Y EQUIPO	\$168,074,500	\$67,229,800
MUEBLES Y ENSERES	\$6,904,200	\$1,726,050
COMPUTADORES Y EQUIPOS DE OFICINA	\$19,785,000	\$3,363,450
HERRAMIENTA MENOR	\$5,750,000	\$690,000
VEHICULOS	\$2,800,000	\$980,000
TOTAL	\$206,313,700	\$75,999,300

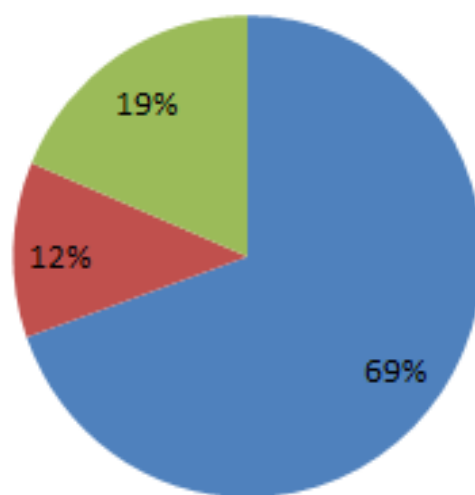
#### 4.6.5 Datos generales

CAPTACION DEL MERCADO	10%
PRECIO DE VENTA INICIAL	\$ 639
INCREMENTO EN EL PRECIO DE VENTA	2%
COSTO VARIABLE UNITARIO	\$ 444
INCREMENTO DEL COSTO VARIABLE	4%
COSTO FIJO POR PERIODO	\$ 541,468,932
COSTO FIJO UNITARIO	\$ 75
INCREMENTO DEL COSTO FIJO	3.0%
UTILIDAD NETA	\$ 119
DIAS LABORALES (AÑO)	360
IMPUESTOS	33%
TASA DE DESCUENTO (Es la tasa minima que acepta el inversionista)	20%
TIPO DE FINANCIACIÓN	CV
CUOTA VARIABLE	CV
CUOTA FIJA	CF
FINANCIACIÓN REQUERIDA	70%
TASA DE FINANCIACIÓN MES VENCIDO	15%
PERIODO DE CAPITALIZACIÓN DE INTERESES	12
PLAZO	60

*Figura 26. Precio de venta*

## PRECIO DE VENTA

■ COSTO VARIABLE UNITARIO ■ COSTO FIJO UNITARIO ■ UTILIDAD NETA



PRECIO DE VENTA (100%)	\$ 639
COSTO FIJO UNITARIO (12%)	\$ 75
COSTO VARIABLE UNITARIO (69%)	\$ 445
UTILIDAD NETA (19%)	\$ 119

### 4.6.6 Presupuesto de costos variables anuales

ITEM	DESCRIPCION	UN	PERIODO 01			PERIODO 02			PERIODO 03			PERIODO 04			PERIODO 05			TOTAL	
			PPTO UNIDADES	PRECIO VENTA UNIT.	TOTAL INGRESOS	PPTO UNIDADES	PRECIO VENTA UNIT.	TOTAL INGRESOS	PPTO UNIDADES	PRECIO VENTA UNIT.	TOTAL INGRESOS	PPTO UNIDADES	PRECIO VENTA UNIT.	TOTAL INGRESOS	PPTO UNIDADES	PRECIO VENTA UNIT.	TOTAL INGRESOS	PPTO UNIDADES	TOTAL INGRESOS
1.0	PRODUCTO																		
1.1	BLOQUE TIPO 1	UN	7,194,243	\$ 639	\$ 4,597,121,467	7,533,429	\$ 652	\$ 4,910,138,604	7,872,615	\$ 665	\$ 5,233,837,577	8,211,802	\$ 678	\$ 5,568,520,455	8,550,988	\$ 692	\$ 5,914,497,112	39,363,077	\$ 26,224,115,214
CAPTACION DEL MERCADO			10.0%		\$ 15,170,501														

#### PORCENTAJE DE INCREMENTO ANUAL ESTIMADO

AÑO 2	%	4.0%
AÑO 3	%	4.0%
AÑO 4	%	4.0%
AÑO 5	%	4.0%

### 4.6.7 Presupuesto De Costos Fijos (mano de obra, arriendo, mantenimiento de equipos, servicios)

Figura 27. Estructura Organizacional De La Empresa

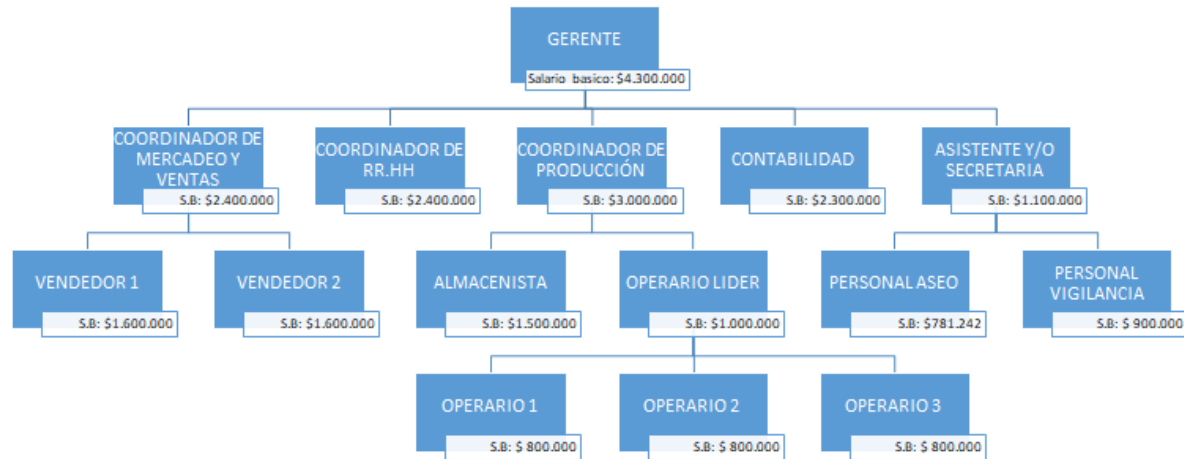


Tabla 36. Total De Costos Fijos Periodo 1

N°	CARGO	SALARIO BASE	DEDUCCIONES PARA EL EMPLEADO	SALARIO NETO EMPLEADO	ADICIONAL PAGADO POR LA EMPRESA	TOTAL X MES PAGADO POR LA EMPRESA
1	GERENTE GENERAL	\$ 4,300,000	\$ 450,000	\$ 3,850,000	\$ 2,418,665	\$ 6,268,665
2	COORDINADOR DE MERCADEO Y VENTAS	\$ 2,400,000	\$ 240,000	\$ 2,160,000	\$ 1,451,199	\$ 3,611,199
3	COORDINADOR DE RR-HH	\$ 2,400,000	\$ 224,000	\$ 2,176,000	\$ 1,354,452	\$ 3,530,452
4	COORDINADOR DE PRODUCCIÓN	\$ 3,000,000	\$ 315,000	\$ 2,685,000	\$ 1,693,066	\$ 4,378,066
5	CONTADOR	\$ 2,300,000	\$ 224,000	\$ 2,076,000	\$ 1,354,452	\$ 3,430,452
6	ASISTENTE Y/O SECRETARIA	\$ 1,100,000	\$ 96,000	\$ 1,004,000	\$ 675,620	\$ 1,679,620
7	VENDEDOR 1	\$ 1,600,000	\$ 144,000	\$ 1,456,000	\$ 870,719	\$ 2,326,719
8	VENDEDOR 2	\$ 1,600,000	\$ 144,000	\$ 1,456,000	\$ 870,719	\$ 2,326,719
9	ALMACENISTA	\$ 1,500,000	\$ 120,000	\$ 1,380,000	\$ 823,740	\$ 2,203,740
10	OPERARIO LIDER	\$ 1,000,000	\$ 120,000	\$ 880,000	\$ 823,740	\$ 1,703,740
11	OPERARIO 1	\$ 800,000	\$ 76,000	\$ 724,000	\$ 552,186	\$ 1,276,186
12	OPERARIO 2	\$ 800,000	\$ 76,000	\$ 724,000	\$ 552,186	\$ 1,276,186
13	OPERARIO 3	\$ 800,000	\$ 76,000	\$ 724,000	\$ 552,186	\$ 1,276,186
15	PERSONAL DE ASEO	\$ 781,242	\$ 62,499	\$ 718,743	\$ 468,865	\$ 1,187,608
16	PERSONAL DE VIGILANCIA	\$ 900,000	\$ 80,000	\$ 820,000	\$ 576,873	\$ 1,396,873
Total nomina mes 1						\$ 37,872,411
<b>COSTO FIJO</b>						
Total 1 periodo nomina						\$ 454,468,932
Arriendo						\$ 33,000,000
Servicios publicos						\$ 48,000,000
Mantenimiento y equipo						\$ 6,000,000
						\$ 541,468,932



Tabla 37. Presupuesto De Costos Fijos (Pesos)

ITEM	DESCRIPCION	UN	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	TOTAL
			TOTAL COSTO FIJO	TOTAL COSTO FIJO	TOTAL COSTO FIJO	TOTAL COSTO FIJO	TOTAL COSTO FIJO	TOTAL COSTO FIJO
1.0	PRODUCTO							
1.1	BLOQUE TIPO 1	UN	\$ 541,468,932	\$ 557,713,000	\$ 574,444,390	\$ 591,677,722	\$ 609,428,053	\$ 2,874,732,097
<b>PORCENTAJE DE INCREMENTO ANUAL ESTIMADO</b>								
	<b>AÑO 2</b>	%	3.0%					
	<b>AÑO 3</b>	%	3.0%					
	<b>AÑO 4</b>	%	3.0%					
	<b>AÑO 5</b>	%	3.0%					

#### 4.6.8 Punto De Equilibrio (Contable)

DESCRIPCION	PERIODO AÑO 01	PERIODO AÑO 02	PERIODO AÑO 03	PERIODO AÑO 04	PERIODO AÑO 05
PRESUPUESTO DE VENTAS EN (\$)	\$ 4,597,121,467	\$ 4,910,138,604	\$ 5,233,837,577	\$ 5,568,520,455	\$ 5,914,497,112
TOTAL COSTOS VARIABLES	\$ 3,194,244,024	\$ 3,478,636,352	\$ 3,780,669,276	\$ 4,101,299,016	\$ 4,441,530,064
TOTAL COSTOS FIJOS	\$ 541,468,932	\$ 557,713,000	\$ 574,444,390	\$ 591,677,722	\$ 609,428,053
MARGEN DE CONTRIBUCION (VENTAS-C.V) <small>(Esto es igual a la utilidad bruta)</small>	\$ 1,402,877,443	\$ 1,431,502,251	\$ 1,453,168,301	\$ 1,467,221,438	\$ 1,472,967,048
PUNTO DE EQUILIBRIO = VENTAS*C.F/M.C (Pesos \$)	\$ 1,774,352,039	\$ 1,912,989,049	\$ 2,068,961,064	\$ 2,245,584,347	\$ 2,447,074,744
PUNTO DE EQUILIBRIO EN UNIDADES (promedio)	2,776,764	2,935,023	3,112,083	3,311,525	3,537,901
<b>DEFINICIÓN DEL PRECIO DE VENTA</b>	<b>\$ 639</b>				
PRECCIO DE VENTA					
COSTO VARIABLE (UN)	\$ 444	69.5%			
COSTO FIJO (UN) <small>Costo fijo del periodo 1 Unidades vendidas en el periodo 1</small>	\$ 75	11.8%			
COSTO TOTAL UNITARIO	\$ 519	81.3%			
UTILIDAD <small>Contablemente este es el valor que debe costar hacer 1 UND de ladrillo</small>	\$ 119	23%	19%		

Este es el valor en dinero que tengo que vender para que mi empresa este bien contablemente

Punto de equilibrio (\$) Valor de venta (\$639)

Porcentaje de utilidad para la empresa

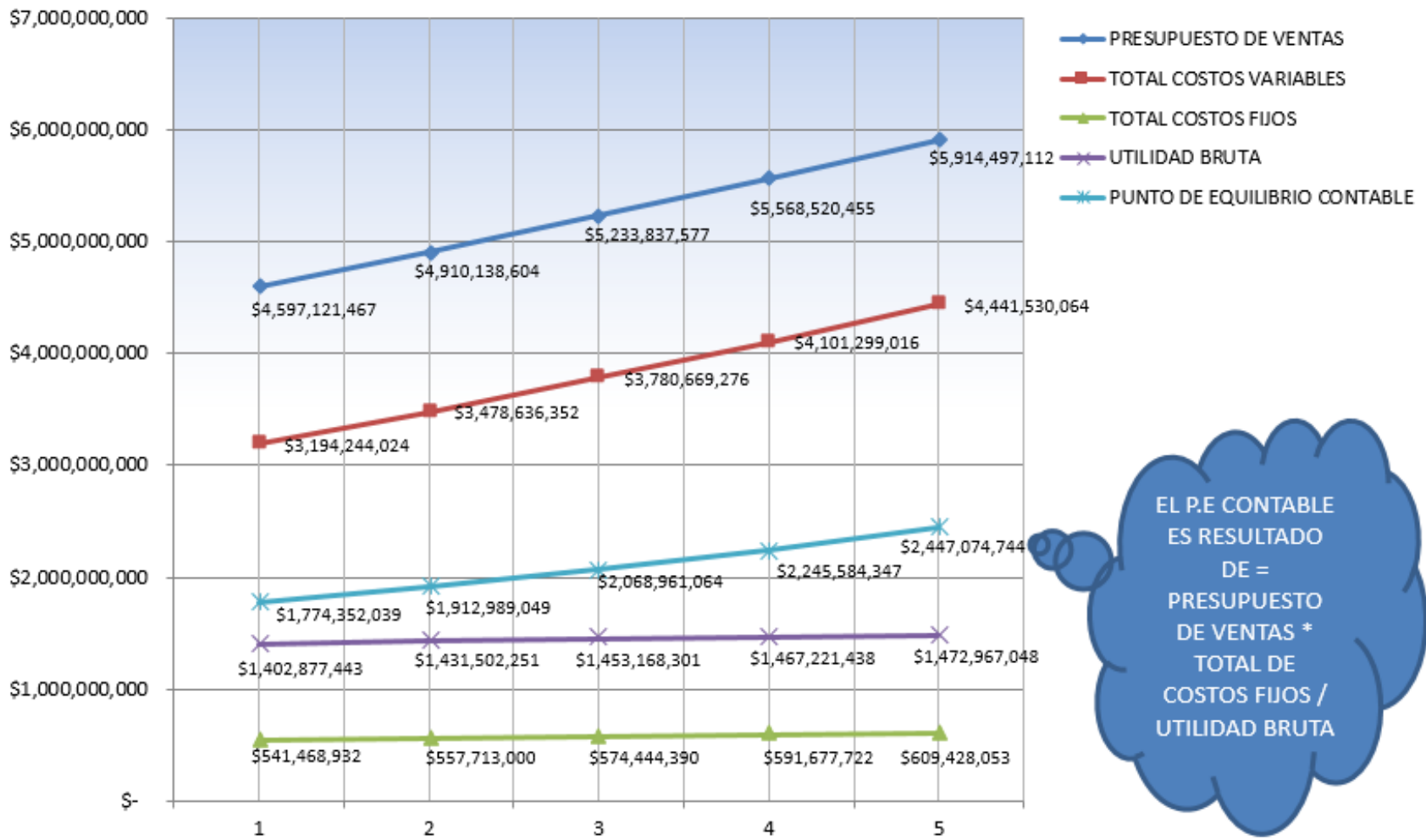


Figura 28. Punto de Equilibrio Contable

## 4.6.9 Capital de trabajo

CODIGO	MATERIALES	1er. Periodo	SUBTOTAL	COSTOS TOTALES
	<b>COSTOS VARIABLES</b>			
	COSTOS VARIABLES	-	\$ 532,374,004	-
	<b>COSTOS FIJOS</b>			
	COSTOS FIJOS	\$ 67,683,617	\$ 67,683,617	
	<b>KAPITAL DE W TOTAL</b>			<b>\$ 600,057,620</b>
<b>Nota:</b> este capital de trabajo es rotativo, por lo que la empresa estima que al inicio de la operación (mensual), sera el mismo que al final de cada año.				
	<b>Dias laborales por periodo</b>	<b>360</b>		

#### 4.6.10 Flujo De Caja (Con Recursos Propios)

DESCRIPCION	PERIODO	TOTAL PERIODO 0	TOTAL AÑO 01	TOTAL AÑO 02	TOTAL AÑO 03	TOTAL AÑO 04	TOTAL AÑO 05
<b>ENTRADAS DE EFECTIVO</b>							
VENTAS			\$ 4,597,121,467	\$ 4,910,138,604	\$ 5,233,837,577	\$ 5,568,520,455	\$ 5,914,497,112
<b>TOTAL VENTAS</b>			<b>4,597,121,467</b>	<b>4,910,138,604</b>	<b>5,233,837,577</b>	<b>5,568,520,455</b>	<b>5,914,497,112</b>
OTROS INGRESOS*							
<b>TOTAL INGRESOS</b>		0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL DISPONIBLE</b>			<b>\$ 4,597,121,467</b>	<b>\$ 4,910,138,604</b>	<b>\$ 5,233,837,577</b>	<b>\$ 5,568,520,455</b>	<b>\$ 5,914,497,112</b>
<b>SALIDAS DE EFECTIVO</b>							
PRESUPUESTO DE INICIACION (inversion)		\$206,313,700					
<b>COSTOS</b>							
COSTOS VARIABLES			\$ 3,194,244,024	\$ 3,478,636,352	\$ 3,780,669,276	\$ 4,101,299,016	\$ 4,441,530,064
COSTOS FIJOS**			\$ 541,468,932	\$ 557,713,000	\$ 574,444,390	\$ 591,677,722	\$ 609,428,053
GASTOS DE DEPRECIACION	LR		\$ 18,694,117	\$ 18,694,117	\$ 18,694,117	\$ 11,533,600	\$ 11,533,600
<b>TOTAL SALIDA DE EFECTIVO</b>		206,313,700	<b>\$ 3,754,407,072</b>	<b>\$ 4,055,043,469</b>	<b>\$ 4,373,807,783</b>	<b>\$ 4,704,510,338</b>	<b>\$ 5,062,491,718</b>
<b>SALDO ANTES DE IMPUESTOS</b>		-206,313,700	<b>\$ 842,714,394</b>	<b>\$ 855,095,135</b>	<b>\$ 860,029,794</b>	<b>\$ 864,010,117</b>	<b>\$ 852,005,394</b>
IMPUESTOS	33.0%		\$ 278,095,750	\$ 282,181,394	\$ 283,809,832	\$ 285,123,339	\$ 281,161,780
<b>SALDO DESPUES DE IMPUESTOS</b>		<b>-\$206,313,700</b>	<b>\$ 564,618,644</b>	<b>\$ 572,913,740</b>	<b>\$ 576,219,962</b>	<b>\$ 578,886,778</b>	<b>\$ 570,843,614</b>
<b>+GASTOS DE DEPRECIACION</b>			\$ 18,694,117	\$ 18,694,117	\$ 18,694,117	\$ 11,533,600	\$ 11,533,600
INVERSION DE CAPITAL DE TRABAJO		\$ (600,057,620)					
VALOR SALVAMENTO EQUIPO (2)							\$ 75,999,300
RECUPERACION CAPITAL DE TRABAJO							\$ 600,057,620
SALDO PENDIENTE POR DEPRECIAR							\$ 51,164,850
<b>SALDO FLUJO DE CAJA</b>		<b>-\$806,371,320</b>	<b>\$ 583,312,761</b>	<b>\$ 591,607,857</b>	<b>\$ 594,914,079</b>	<b>\$ 590,420,378</b>	<b>\$ 1,309,598,985</b>
<p>** NO, Incluye gastos de depreciación</p> <p>* Generados por otras actividades</p> <p>(1) Estimado como aparece en el anexo capital de W</p> <p>(2) Por politica de la empresa se recupera "todo" al final del proyecto</p>							
TASA DE OPORTUNIDAD	20%						
		<b>V.P.N</b>	<b>\$ 1,245,870,927</b>				
		<b>T.I.R</b>	<b>72.4%</b>				
		<b>B/C</b>	<b>\$ 15,331,934,136</b>	<b>1.42</b>			
	Beneficio/Costo por cada peso que yo genero tengo 1.45 para pagar		<b>\$10,821,161,619</b>				

V.P.N	\$ 1.244.715.908
T.I.R	72,4%

Para inversionistas cuya tasa de oportunidad sea inferior a la TIR, es una inversión atractiva, para inversionistas cuya tasa de descuento sea superior a TIR, la inversión no es atractiva, porque genera un VPN negativo, lo que implica que la empresa reducirá su riqueza, representada en el valor que indique el VPN.

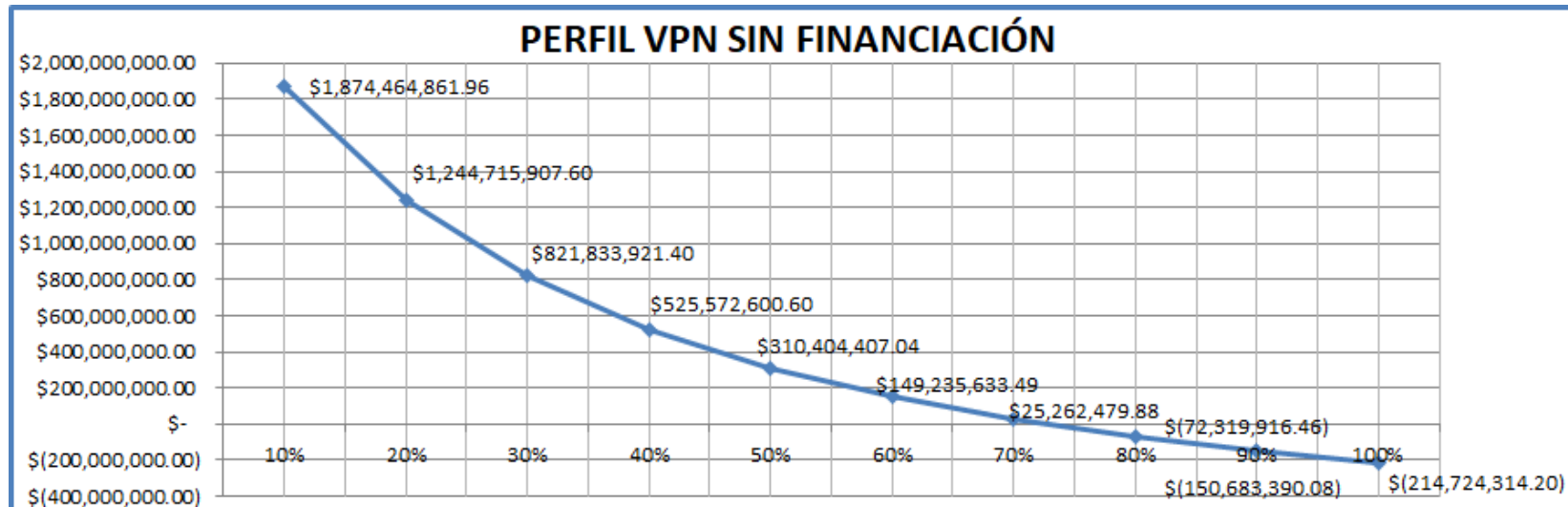
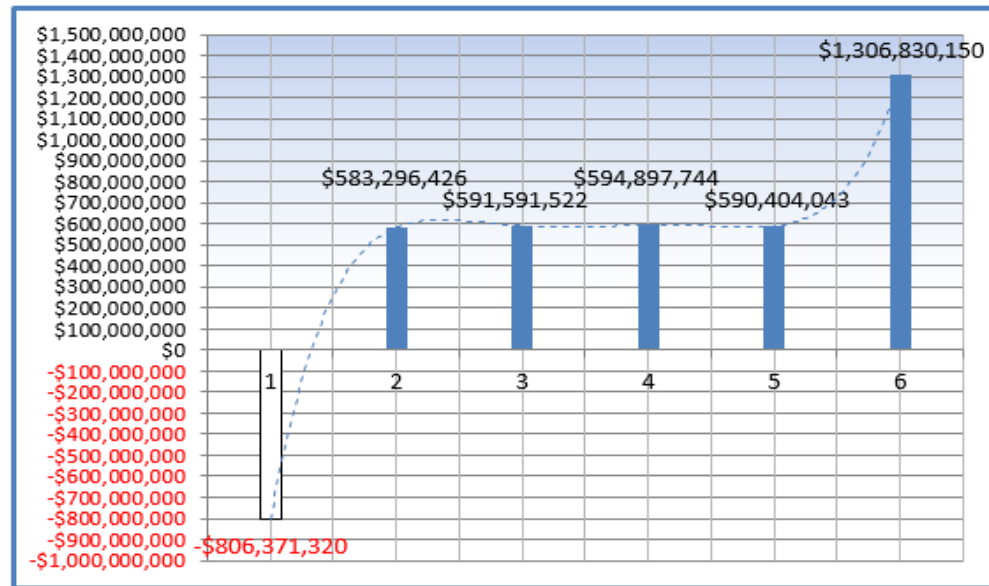


Figura 29. Saldo Flujo De Caja Sin financiación

## 4.6.11 Flujo De Caja (Con Financiación)

DESCRIPCION	PERIODO	TOTAL PERIODO 0	TOTAL AÑO 01	TOTAL AÑO 02	TOTAL AÑO 03	TOTAL AÑO 04	TOTAL AÑO 05
<b>ENTRADAS DE EFECTIVO</b>							
VENTAS			\$ 4,597,121,467	\$ 4,910,138,604	\$ 5,233,837,577	\$ 5,568,520,455	\$ 5,914,497,112
<b>TOTAL VENTAS</b>			<b>4,597,121,467</b>	<b>4,910,138,604</b>	<b>5,233,837,577</b>	<b>5,568,520,455</b>	<b>5,914,497,112</b>
OTROS INGRESOS*							
<b>TOTAL INGRESOS</b>		0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL DISPONIBLE</b>			<b>\$ 4,597,121,467</b>	<b>\$ 4,910,138,604</b>	<b>\$ 5,233,837,577</b>	<b>\$ 5,568,520,455</b>	<b>\$ 5,914,497,112</b>
<b>SALIDAS DE EFECTIVO</b>							
PRESUPUESTO DE INICIACION (inversion)		\$206,313,700					
FINANCIACIÓN REQUERIDA	70%	\$144,419,590					
<b>COSTOS</b>							
COSTOS VARIABLES			\$ 3,194,244,024	\$ 3,478,636,352	\$ 3,780,669,276	\$ 4,101,299,016	\$ 4,441,530,064
COSTOS FIJOS**			\$ 541,468,932	\$ 557,713,000	\$ 574,444,390	\$ 591,677,722	\$ 609,428,053
GASTOS DE DEPRECIACION	L.R		\$ 18,694,117	\$ 18,694,117	\$ 18,694,117	\$ 11,533,600	\$ 11,533,600
GASTOS FINANCIEROS	CV		\$ 19,677,169	\$ 15,344,581	\$ 11,011,994	\$ 6,679,406	\$ 2,346,818
<b>TOTAL SALIDA DE EFECTIVO</b>		<b>206,313,700</b>	<b>\$ 3,774,084,242</b>	<b>\$ 4,070,388,050</b>	<b>\$ 4,384,819,777</b>	<b>\$ 4,711,189,744</b>	<b>\$ 5,064,838,536</b>
<b>SALDO ANTES DE IMPUESTOS</b>		<b>-206,313,700</b>	<b>\$ 823,037,225</b>	<b>\$ 839,750,554</b>	<b>\$ 849,017,801</b>	<b>\$ 857,330,711</b>	<b>\$ 849,658,576</b>
<b>IMPUESTOS</b>	33.0%		\$ 271,602,284	\$ 277,117,683	\$ 280,175,874	\$ 282,919,135	\$ 280,387,330
<b>SALDO DESPUES DE IMPUESTOS</b>		<b>-\$206,313,700</b>	<b>\$ 551,434,941</b>	<b>\$ 562,632,871</b>	<b>\$ 568,841,927</b>	<b>\$ 574,411,576</b>	<b>\$ 569,271,246</b>
<b>+GASTOS DE DEPRECIACION</b>			\$ 18,694,117	\$ 18,694,117	\$ 18,694,117	\$ 11,533,600	\$ 11,533,600
INVERSION DE CAPITAL DE TRABAJO		\$ (600,057,620)					\$ 75,999,300
VALOR SALVAMENTO EQUIPO (2)							\$ 600,057,620
RECUPERACION CAPITAL DE TRABAJO							\$ 28,883,918
AMORTIZACIÓN			\$ 28,883,918	\$ 28,883,918	\$ 28,883,918	\$ 28,883,918	\$ 51,164,850
SALDO PENDIENTE POR DEPRECIAR							\$ 51,164,850
<b>SALDO FLUJO DE CAJA</b>		<b>-\$661,951,730</b>	<b>\$ 541,245,140</b>	<b>\$ 552,443,070</b>	<b>\$ 558,652,125</b>	<b>\$ 557,061,258</b>	<b>\$ 1,279,142,698</b>
** NO, Incluye gastos de depreciación							
* Generados por otras actividades							
(1) Estimado como aparece en el anexo capital de W							
(2) Por politica de la empresa se recupera "todo" al final del proyecto							
TASA DE OPORTUNIDAD	20%						
		<b>V.P.N</b>	<b>\$ 1,278,724,233</b>				
		<b>T.I.R</b>	<b>83.3%</b>				
		<b>B/C</b>	<b>\$ 15,331,934,136</b>	<b>1.41</b>			
Beneficio/Costo por cada peso que yo genero tengo 1.41 para pagar			<b>\$10,852,487,102</b>				

V.P.N	\$ 1.277.569.214
T.I.R	83,2%

Para inversionistas cuya tasa de oportunidad sea inferior a la TIR, es una inversión atractiva, para inversionistas cuya tasa de descuento sea superior a TIR, la inversión no es atractiva, porque genera VPN negativo, lo que implica que la empresa reducirá su riqueza, representada en el valor que indique el VPN.

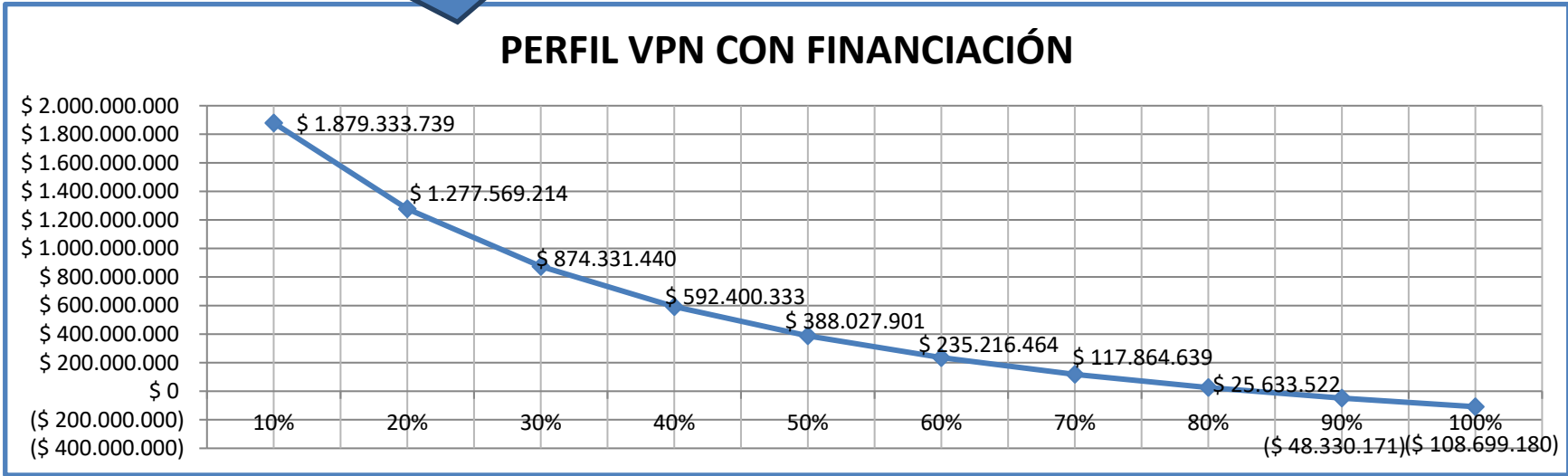
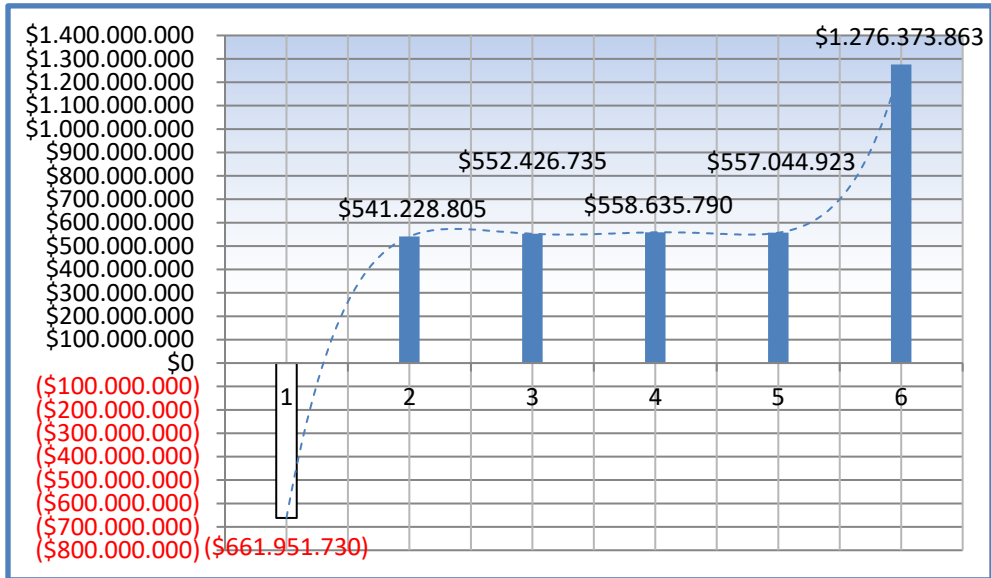
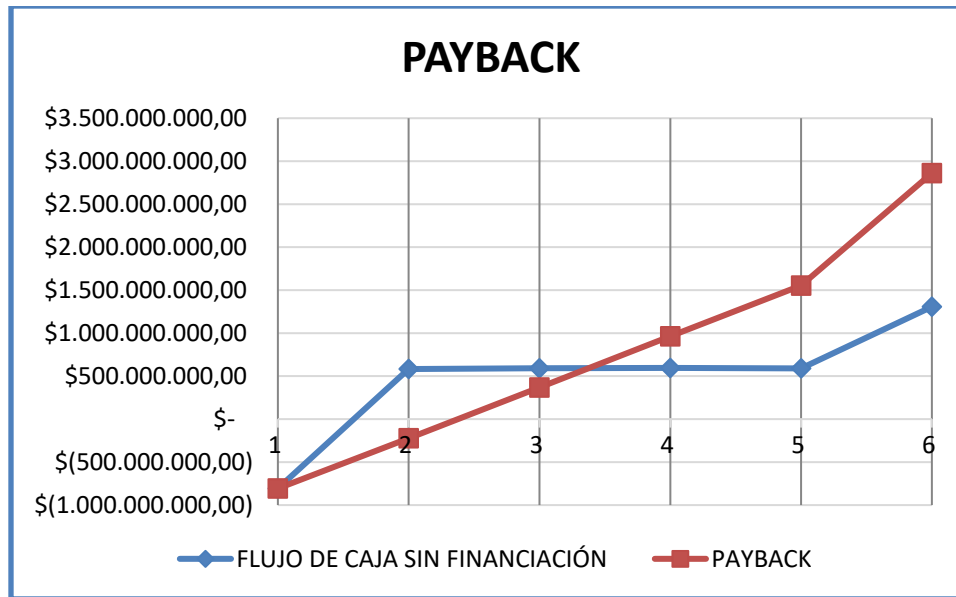


Figura 30. Saldo Flujo De Caja con financiación



## 4.6.11 Posibles escenarios

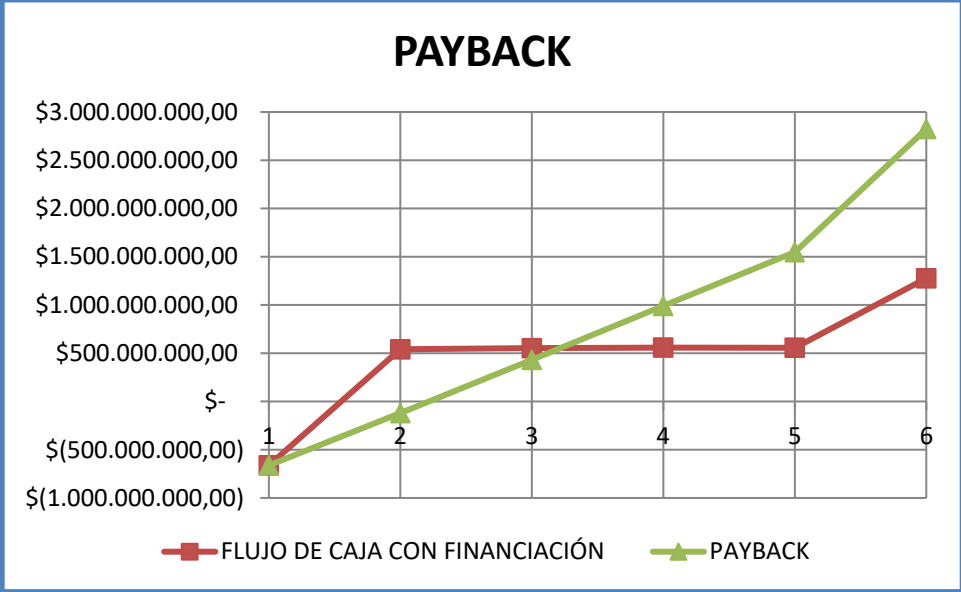
<b>RESUMEN DE ESCENARIO</b>					
		Valores actuales:	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
<b>Celdas cambiantes:</b>					
PRECIO_VENTA	\$	639	\$ 650	\$ 700	\$ 600
COSTO_VARIABLE	\$	444	\$ 500	\$ 550	\$ 420
TASA_FIN		15%	30%	18%	15%
<b>Celdas de resultado:</b>					
VPN_RECURSOS PROPIOS		\$1.244.715.908	\$ 449.446.934	\$ 385.285.493	\$1.034.377.346
TIR_RECUSROS PROPIOS		72,4%	38,2%	34,7%	65,4%
VPN_RECURSOS FINANCIADOS		\$1.277.569.214	\$ 457.114.552	\$ 413.101.662	\$1.067.230.652
TIR_RECURSOS FINANCIADOS		83,2%	41,2%	38,0%	75,3%
Notas: La columna de valores actuales representa los valores de las celdas cambiantes en el momento en que se creó el informe resumen de escenario. Las celdas cambiantes de cada escenario se muestran en gris.					



	0	1	2	3	4	5
\$	(806.371.320,47)	583.296.425,80	591.591.522,00	594.897.743,96	590.404.043,26	1.306.830.149,60
\$	(806.371.320,47)	(223.074.894,67)	368.516.627,33	963.414.371,29	1.553.818.414,54	2.860.648.564,14

ULTIMO PERIODO CON SALDO NEGATIVO	1
VALOR ABSOLUTO DEL ULTIMO SALDO NEGATIVO	\$ 223.074.894,67
SALDO DEL FLUJO NETO DEL PERIODO SIGUIENTE	\$ 591.591.522,00
PAY BACK	1

Figura 31. PAYBACK sin financiación



	0	1	2	3	4	5
\$	(661.951.730,47)	\$ 541.228.804,55	\$ 552.426.734,52	\$ 558.635.790,24	\$ 557.044.923,29	\$ 1.276.373.863,40
\$	(661.951.730,47)	\$ (120.722.925,92)	\$ 431.703.808,61	\$ 990.339.598,84	\$ 1.547.384.522,14	\$ 2.823.758.385,53

ULTIMO PERIODO CON SALDO NEGATIVO	1
VALOR ABSOLUTO DEL ULTIMO SALDO NEGATIVO	\$ 120.722.925,92
SALDO DEL FLUJO NETO DEL PERIODO SIGUIENTE	\$ 552.426.734,52
PAY BACK	1

Figura 32. PAYBACK con financiación

## Capítulo 5

### Análisis de resultados e impactos

#### 5.1 Como se responde a la pregunta de investigación con los resultados

Pregunta de investigación:

¿Cómo fabricar un bloque plástico a partir del reciclaje para mampostería no portante, que sirva de alternativa viable para la construcción de vivienda y que cumpla la normatividad vigente?

Respondiendo a nuestro objetivo general y de acuerdo a las dos líneas con las que guiamos nuestro proyecto; investigación y experimento, se pretendió y elaboro un ladrillo con adición de PET, buscando una alternativa en el campo de la construcción, para esto, se analizó la normativa con la que cuentan los materiales tradicionales, de acuerdo a ello se realizó una serie de ensayos técnicos donde se establecieron unas tablas de dosificación con diferentes porcentajes de agregados de PET, fundiendo probetas con unas dimensiones estándar para cada mezcla, las cuales fueron analizadas en laboratorio, determinando cuál de ellas cumplía con los criterios de la norma. Por otro lado, se realizó un análisis de costos comparando el valor de un ladrillo tradicional vs ladrillo con agregado de PET, donde se encontró que al usar un material de desecho como lo es el plástico reciclado, los valores del agregado disminuyen al ser remplazado por el PET, lo que a su vez disminuye el valor del producto final. Si tenemos en cuenta esta diferencia en precios, los cuales no son significativos por unidad, al observar que en la construcción de una edificación que pretenda implementar mampostería no estructural el pedido requerido es bastante grande, esto se traduciría en una diferencia amplia en el valor final.

## **5.2 Aporte de los resultados a la gerencia de obras**

El aporte que brinda este trabajo de grado a la gerencia de obras es proporcionar un nuevo campo tecnológico y ambiental ya que el proyecto se encuentra enmarcado en el desarrollo de un bloque a base de plástico reciclado para mampostería no portante de bajo costo, que logra suplir las necesidades de las personas en cuanto a vivienda se refiere, logrando obtener un producto que cumple con las especificaciones con las que cuentan los sistemas tradicionales.

Así también, este proyecto brinda una alternativa atractiva de inversión ya que según el análisis financiero realizado es una oportunidad que representa riqueza a la firma o empresa que invierta en el negocio ya que tiene una tasa interna de retorno alta.

## **5.3 Estrategias de comunicación y divulgación**

La estrategia de comunicación y divulgación que será empleada para este trabajo de grado será la siguiente:

- Entrega de 1 CD a la biblioteca de la Universidad Católica de Colombia el cual incluye el trabajo de grado.
- Sustentación del trabajo de grado, la cual está programada para el 1 de diciembre de 2018
- Artículo en formato IEEE el cual será entregado el día 1 de diciembre de 2018.

## Capítulo 6

### Conclusiones

#### Ladrillo con agregados de PET

- Dentro de este proyecto, encontramos a través del seguimiento de los procesos de investigación y de orden experimental resultados concretos que involucran alternativas de innovación y tecnología, desarrollando un nuevo material con el uso de material de desecho en la fabricación de un elemento constructivo.
- La forma, textura, medidas y peso de los ladrillos presentan excelentes condiciones, debido a que su aspecto, presentación y forma.
- Son de textura lisa, obtenidos durante el proceso de fundida y posterior curado, lo cual le da un valor agregado adicional a este nuevo material de construcción, principalmente porque una vez puesto en obra no sería necesario tener que realizar el clásico revoque o pañete, que en la actualidad representa un rubro muy elevado en los costos finales de una edificación, por lo tanto, se generarían ahorros económicos, reduciendo considerablemente los presupuestos en las diferentes obras tanto públicas como privadas.
- En cuanto a su peso, se encuentra una característica muy importante la cual destacar ya que el mismo es considerablemente mucho más liviano que su par constructivo (bloque de mortero con cemento y arena), si observamos en la tabulación de las tablas (anexo 1) se evidencia que al aumentar los agregados en porcentaje de PET, se reduce considerablemente el peso de las muestras, porque el mismo tiene un peso promedio de 0.784 gr y su par el ladrillo convencional, tiene 1.075 gr en promedio.

- Si bien es cierto que se debe cumplir con una resistencia específica de acuerdo a lo que dicta la norma y una vez verificados los resultados de laboratorio, se evidencia que los agregados de PET, con porcentaje al 10%, 20% y 25%, cumplen con la resistencia específica requerida. Los porcentajes de PET al 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% se encuentran por debajo de la resistencia, por lo cual son descartan estas muestras.
- Según los datos obtenidos en el párrafo anterior, se deduce que la mezcla con agregado de PET al 25%, cuenta con el estándar requerido en cuanto a resistencia específica a los 7 días y 14 días de fallado, adicional se encuentra una diferencia significativa en cuanto al peso en relación con el ladrillo convencional, de lo anterior se podría decir que representa una significativa reducción de carga muerta a todas las edificaciones que se construirían con este nuevo material alternativo y ecológico. Se debe destacar que para el análisis anterior se toma en cuenta los pesos de todos los ladrillos, independientemente de su dosificación y medidas, lo cual significa una variedad distinta de tamaños y pesos, pero de igual manera ocurre con los ladrillos convencionales, ya que al ser fábricas diferentes presentan serias irregularidades en cuanto a su peso y medidas.

### **Análisis financiero**

- El valor presente neto para el proyecto permite determinar si la inversión conforme a los costos fijos, costos variables, capital de trabajo y las ventas permite maximizar la inversión, para el caso en estudio el VPN se define como positivo tanto si el proyecto es financiado o sin financiación, por consiguiente, significa que el valor de la empresa tendrá un incremento equivalente al VPN.

- Se evidencia que el proyecto cuenta con flujos netos de efectivo positivos periodo tras periodo, esto permite determinar la efectividad y liquidez del negocio una vez puesto en marcha.
- Se analiza la tasa de oportunidad del inversionista y la tasa interna de retorno, se observa que la tasa de oportunidad del inversionista es inferior a la tasa interna de retorno arrojada por los flujos netos de efectivo, lo cual representa una inversión atractiva ya que lo anterior se evidencia con un VPN positivo, arrojando aumento en la riqueza o valor de la empresa.
- Para inversionistas cuya tasa de oportunidad sea inferior a la TIR, es una inversión atractiva; para inversionistas cuya tasa de oportunidad sea superior a la TIR, en el caso en estudio superior al 72% la inversión no es atractiva, porque generaría un VPN negativo, lo que implica que la empresa reducirá su riqueza, representada en el valor que indique el VPN.
- Se analiza que el proyecto obtiene un retorno de la inversión entre el periodo 1 y 2 de la puesta en marcha del proyecto, siempre y cuando se conserven unas cifras de ventas y costos lo más aproximada posible al plan de negocio determinado y definido, bajo un presupuesto de inversión, un pronóstico de venta y una proyección de costos fijos y variables.
- Al analizar los beneficios antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones EBITDA, se tiene una utilidad operacional que, junto con los gastos de depreciación y amortización para la proyección de 5 periodos, permite definir un flujo de dinero real y constante, proyectando que el futuro proyecto contará con liquidez empresarial.



- Para finalizar el proyecto arroja una tasa interna de retorno positiva y significativa, lo cual le permite holgura tanto al futuro inversionista como a la empresa, de igual manera se obtiene un VPN positivo que representa mayor riqueza a la firma y/o empresa, se tienen buenos flujos de efectivo que le permiten liquidez al proyecto, buena utilidad operacional, por consiguiente, es una inversión atractiva la cual permite recuperar la inversión al cabo de año y medio.

## **Capítulo 7**

### **Nuevas áreas de estudio**

Una vez realizado de este trabajo experimental y de investigación, se proponen como nuevas líneas de estudio las siguientes:

#### **Estudio de las propiedades físicas del ladrillo con agregados de PET**

Desarrollar los ensayos pertinentes con base a sus propiedades térmicas y acústicas para evaluar el nivel de aislamiento frente al fuego (Resistencia y Estabilidad REI), aislamiento acústico y a temperaturas extremas. Esto permitirá un mejor desarrollo en la elaboración de este elemento constructivo.

#### **Beneficios de la implementación de PET en prefabricados para espacio público.**

Buscar nuevas alternativas usando los agregados de plástico reciclado para ser usados en la elaboración de prefabricados para espacio público, (Sardinela, Cañuela, Adoquín, Tableta, Bordillo, etc.)

## **Capítulo 8**

### **Anexos**

**Anexo 1. Resultados de laboratorio**

**Anexo 2. EDT / WBS**

**Anexo 3. Programación en Project.**

**Anexo 4. Matriz DOFA**

**Anexo 5. Acta de Constitución, Project Charter**

**Anexo 6. Declaración de alcance**

**Anexo 7. Análisis de precios Unitarios**

## Capítulo 9

### Bibliografía

Accesibilidad, N. I. (14 de mayo| de 2018|).

Alesmar, L., Rendón, N., & Korody, M. E. (01 de Marzo de 2008). *Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet) – cemento*. Recuperado el 01 de 05 de 2018, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652008000100006](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000100006)

Alvarado, S. (2006). *MANUAL DE TECNOLOGIAS LIMPIAS EN PYMES DEL SECTOR RESIDUOS SOLIDOS OEA. PROGRAMA HORIZONTAL DE ENERGIAS LIMPIAS Y RENOVABLES*. Ms. Leandro.

Ambiente, A. A. (2012). Recuperado el 14 de Mayo de 2018

ARMAR, E. R. (1999). (REd mexicana de ecoturismo)

ARQUITECTURA, (. I. (14 de MAYO de 2018).

Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica. (2010). *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-2010*. Bogota D.C.: Imprenta Nacional de Colombia.

Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica. (2010). *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-2010*. Bogota D.C.: Imprenta Nacional de Colombia.

CABALLERO MEZA, B., & FLOREZ LENGUA, O. (2016). *ELABORACIÓN DE BLOQUES EN CEMENTO REUTILIZANDO EL PLÁSTICO POLIETILEN-TEREFTALATO (PET) COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN*. CARTAGENA D.T.: UNIVERSIDAD DE CARTAGENA, FACULTAD DE INGENIERIA.

Cabo laguna, M. (2011). *LADRILLO ECOLÓGICO COMO MATERIAL SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN*. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS. Pamplona, España: Tesis de Grado.

Castells, X. (2000). *EL RECICLAJE DE RESIDUOS INDUSTRIALES*. Madrid: Ediciones Diaz Santos.

Correa Amado, R. E. (2018). *UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA*. (Universidad Católica de Colombia) Recuperado el 01 de 05 de 2018, de

[https://ava.ucatolica.edu.co/ava2/pluginfile.php/193796/mod\\_resource/content/1/Cap%205%20-%20Alcance%205.1%20a%205.4%206th%20ed.pdf](https://ava.ucatolica.edu.co/ava2/pluginfile.php/193796/mod_resource/content/1/Cap%205%20-%20Alcance%205.1%20a%205.4%206th%20ed.pdf)

- Delgado, L. (2 de febrero de 2005). *URBANISMO Y ARQUITECTURA ECOLÓGICOS: LOS TERRITORIOS DE LA ECOLOGÍA HUMANA*. Rio de Janeiro (Brasil).
- Dimitriss, K. (2013). *ARCHITECTURE Y CONSTRUCTION PLASTIC*. Barcelona: Cuboctaedro, Neu Studio.
- EL congreso de Colombia. (2008). LEY 1259.
- Farbiarz Farbiarz, J., Campos García, A., Arango Tobón, J. H., & Cardona A, O. D. (2011). *GUÍA DE PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS, ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES*. Bogota D.C.: GRUPO MAGENTA.
- Fundación Politécnica de Catalunya. (3 de Octubre de 2005). *GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS*. Barcelona: Treballs Gràfics, SA. Recuperado el 29 de Abril de 29, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Residuo\\_sólido\\_urbano](https://es.wikipedia.org/wiki/Residuo_sólido_urbano)
- Gaggino, R. (2015). *Centro Experimental de la Vivienda Económica*. Recuperado el Domingo 29 de Abril de 2018, de <http://www.ceve.org.ar/investigacion.php>
- Gaggino, R., Arguello, R., & Berretta, H. (2007). *APLICACIÓN DE MATERIAL PLÁSTICO RECICLADO EN ELEMENTOS*. Cordoba-Argentina: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2000). *INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE ARCILLA COCIDA. LADRILLOS Y BLOQUES CERÁMICOS NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4205*. Bogotá DC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2013). *ETIQUETAS AMBIENTALES TIPO 1. SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO (SAC). CRITERIOS AMBIENTALES PARA LADRILLOS Y BLOQUES DE ARCILLA, NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6033*. Bogotá DC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2017). *UNIDADES DE CONCRETO PARA MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL, NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4205-2*. Bogota D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2017). *UNIDADES DE CONCRETO PARA MAMPOSTERÍA, NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC*

4076. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *PRINCIPALES PROCESOS BÁSICOS DE TRANSFORMACIÓN DE LA INDUSTRIA PLÁSTICA Y MANEJO, APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS POST-CONSUMO*. Bogotá DC: Xpress Estudio Gráfico.

Pacheco Flórez, C. A., & Severiche Cruz, J. G. (2015). *PLAN DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIALIZACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS - ECOLADRILLO*. Bucaramanga, Santander: Universidad De Santander, Udes, Facultad De Tecnología Industrial.

QuimiNet. (8 de Noviembre de 2010). Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de [www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-delpet-2806.htm](http://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-delpet-2806.htm).

Rueda, M. R. (29 de abril de 2018). *EL ESPECTADOR*. (Mónica Rivera Rueda) Recuperado el 29 de abril de 2018, de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/las-alternativas-de-bogota-para-reciclar-articulo-730481>

Salazar, A. J. (2012). (Maestría en arquitectura y urbanismo-MAU-Modulo: Arquitectura y Urbanismo Bioclimática II. Los materiales de construcción Una visión Sustentable y Sostenible I. Universidad del Valle Cali)

Taaffe, J., O'Sullivan, S., Ekhlashur Rahman, M., & Pakrashi, V. (02 de Abril de 2014). *Experimental characterisation of Polyethylene Terephthalate (PET)* SCIENCE DIRECT. Recuperado el 01 de 05 de 2018, de [http://edge.rit.edu/edge/R16401/public/Part1/Benchmarking%20References/Reuse-Recycling/Experimental%20characterization%20of%20Polyethylene%20Terephthalate%20\(PET\)%20bottle%20Eco-bricks.pdf](http://edge.rit.edu/edge/R16401/public/Part1/Benchmarking%20References/Reuse-Recycling/Experimental%20characterization%20of%20Polyethylene%20Terephthalate%20(PET)%20bottle%20Eco-bricks.pdf)

Tomás Franco, J. (09 de 11 de 2011). *LA PRIMERA CASA DE BOTELLAS DE ÁFRICA*. (ArchDaily Colombia) Recuperado el 21 de 05 de 2018, de <https://www.archdaily.co/co/02-118196/la-primera-casa-de-botellas-de-africa>

Vaca Díez, I. (11 de 11 de 2011). *CONSTRUCCIÓN CON BOTELLAS RECICLADAS*. (ArchDaily) Recuperado el 21 de 05 de 2018, de <https://www.archdaily.co/co/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas>