

**UTILIZACIÓN DE MATERIALES PLASTICOS RECICLADOS PARA
CONFORMACIÓN DE AGLOMERADOS DE POLIETILENO EN PROCESOS
CONSTRUCTIVOS**

SANTIAGO LOPEZ SALAZAR

CRISTIAN CAMILO GARCIA MARIN

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

PEREIRA, RISARALDA

2020

**UTILIZACIÓN DE MATERIALES PLASTICOS RECICLADOS PARA
CONFORMACIÓN DE AGLOMERADOS DE POLIETILENO EN PROCESOS
CONSTRUCTIVOS**

SANTIAGO LOPEZ SALAZAR

CRISTIAN CAMILO GARCIA MARIN

ASESOR

Ing. ADÁN SILVESTRE GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

PEREIRA, RISARALDA

2020

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	8
2. Planteamiento del problema y pregunta de investigación	9
2.1. Planteamiento del problema.....	9
2.2. Pregunta de investigación.	11
3. Justificación.....	12
4. Objetivos de investigación	15
4.1. Objetivo general.....	15
4.2. Objetivos específicos	15
5. Marco referencial	16
5.1. Marco teórico	16
5.1.1. Innovación y aplicabilidad de materiales de fabricación.....	16
5.1.2. Los plásticos: tipos y usos	17
5.1.3. Uso del polietileno.....	18
5.1.4. Sector construcción.....	21
5.1.5. Viviendas sostenibles	22
5.1.1. Caso de plástico en Colombia	24
5.2. Marco geográfico	25
5.3. Marco legal	25
6. Diseño metodológico.....	28
6.1. Tipo de investigación.....	28
6.2. Fuentes de recolección de información.....	28
6.3. Diseño experimental	29
6.4. Matriz de diseño metodológico.....	30
6.5. Fases y resultados de la investigación	31
7. Desarrollo del proyecto	32
7.1. Procedimiento para elaboración de bloques de polietileno y polipropileno triturado	32
7.1.1. Recolección de materiales plásticos	32
7.1.2. Selección de los plásticos recolectados y separación en diferentes categorías por colores y densidades, alta, media y baja.	33
7.1.3. Triturado de los materiales seleccionados	34

7.1.4.	Lavado y limpieza	34
7.1.5.	Diseño de la dosificación que genere más resistencia en el aglomerado plástico 35	
7.1.6.	Diseño del molde para el bloque	38
7.1.7.	Procedimiento para relleno de los moldes y la fabricación de los bloques	40
7.2.	Ensayo de resistencia a la compresión de los bloques	43
8.	Análisis de resultados.....	45
8.1.	Comparación y selección de la mejor muestra.	45
9.	Conclusiones	51
10.	Recomendaciones	53
	Referencias	54

Lista de figuras

Figura 1. Colombia: principales sectores consumidores de materias plásticas.....	19
Figura 2. Aplicaciones de las resinas más utilizadas en la industria.....	20
Figura 3. Materiales plásticos seleccionados	33
Figura 4. Material plástico triturado de acuerdo a su densidad	34
Figura 5. Plástico triturado lavado y limpio.....	35
Figura 6. Proceso de dosificación	36
Figura 7. Descripción del carpincol	37
Figura 8. Moldes de madera.....	39
Figura 9. Procedimiento para la elaboración del bloque.....	40
Figura 10. Relleno del molde.....	41
Figura 11. Retiro del molde	42
Figura 12. Bloques de plástico reciclado de densidad alta y baja.....	42
Figura 13. Comportamiento del material a los 28 días	44
Figura 14. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N1	45
Figura 15. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N2	46
Figura 16. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N3 Lb /pulg ²	47
Figura 17. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N4 lb/pulg ² cuadrada	48
Figura 18. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N5	49
Figura 19. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N6	50

Lista de tablas

Tabla 1. Matriz de diseño metodológico	30
Tabla 2. Fase 1 – Pruebas de laboratorio	31
Tabla 3. Evaluación de los bloques	31
Tabla 4. Dosificación de la mezcla.....	36
Tabla 5. Dimensiones de los moldes de madera.....	38
Tabla 6. Resistencia bloques de plástico de alta y baja densidad.....	43

Resumen

En el documento se desarrollan bloques con polietileno reciclado (plástico) para la construcción de muros que no sean de carga importante, a diferentes dosificaciones generadas con la combinación de las resinas del polietileno de alta, media y baja densidad y el adherente (Kola). Para esta investigación experimental se desarrolla un trabajo de campo en el cual se realizan los análisis de laboratorio y las pruebas correspondientes de los bloques elaborados con el polietileno reciclado para determinar el nivel de resistencia a la compresión de los mismos, del resultado obtenido en la evaluación de resistencia en los bloques se determina que estos cumplen con lo exigido por la normatividad colombiana

Palabras Claves

Polietileno, reciclaje, bloques, resistencia

Abstracts

In the following document, blocks with recycled polyethylene (plastic) are developed for the construction of walls that are not heavy load, at different dosages generated with the combination of high, medium and low density polyethylene resins and the adherent (Kola) . For this experimental research, a field work is developed in which the laboratory analyzes and the corresponding tests of the blocks made with recycled polyethylene are carried out to determine the level of resistance to compression thereof, from the result obtained in the evaluation. resistance in the blocks, it is determined that they comply with what is required by Colombian regulations

Keywords

Polyethylene, recycling, blocks, resistance

1. Introducción

El presente proyecto busca desarrollar bloques con polietileno reciclado (plástico) para la construcción de muros que no sean de carga importante, mediante la combinación de resinas del polietileno de alta, media y baja densidad y el adherente (Kola)., con los cuales se realizan las pruebas respectivas de resistencia a la compresión conforme a lo estipulado en la norma vigente para garantizar la calidad en las estructuras.

Para dar cumplimiento al objetivo general, se plantean como objetivos específicos la realización de ensayos de laboratorio con los bloques en proporciones diferentes de polietileno de densidades baja, media y alta, para determinar la resistencia a la compresión. Posteriormente, se procede a evaluar si los bloques cumplen con lo establecido por la Norma NSR-10.

El proyecto se realiza con metodología experimental, en la cual se elaboran los bloques y posteriormente las respectivas pruebas y para luego describir los resultados, definiendo como factores de estudio la densidad de material reciclado (polietileno) a utilizar como aditivo a la mezcla y la resistencia del mismo

2. Planteamiento del problema y pregunta de investigación

2.1.Planteamiento del problema

A pesar del aumento de la conciencia ambiental a nivel global, y de que se ha vuelto más rígida la normatividad ambiental, las cifras muestran que los éxitos que se han obtenido con el fin de reducir la contaminación ambiental son muy pequeños comparando con lo que se debe alcanzar realmente, incluso los datos estadísticos muestran que no se ha mejorado, y por el contrario son peor que antes.

La ingeniería y la construcción tienen una de las obligaciones más importantes en el desarrollo de estrategias para el cuidado del medio ambiente y disminución del impacto ambiental causado por el consumismo del ser humano, es el diseño y fabricación de edificaciones, piezas, productos y modelos sostenibles, por medio de los cuales se reducen factores de consumo y de riesgo como: exceso de energía, residuos contaminantes, cambio climático, sismos, entre otros.

Esto se logra a través de la implementación de nuevas tecnologías y métodos en los modelos constructivos, así como por medio de la innovación en el uso de diversos materiales diferentes al concreto para la construcción de edificaciones, los cuales han demostrado ser más resistentes y adecuados para lugares que presentan acontecimientos sísmicos o cambios drásticos de clima, además de ser menos costosos, lo cual es muy atractivo para el constructor en cuanto a márgenes de rentabilidad, también brindan un beneficio considerable al medio ambiente. De acuerdo con esto, Tejada y Valencia (2017), el concreto presenta varios problemas, “Una de ellas es la densidad que alcanza y por ende su gran peso, debido a esto las estructuras que son construidas con este material llegan a

tener pesos de gran importancia, causando dificultades a la hora de analizarlas estructuralmente” (p.11)

En Colombia en las últimas dos décadas ha venido creciendo de manera exponencial la infraestructura, las obras civiles tales como edificios para oficinas, para vivienda etc., al analizar este crecimiento y la utilización de los mismos materiales para los procesos constructivos, se han venido generando nuevas formas para construir con materiales que siempre han estado al alcance de todos nosotros pero que nunca se han utilizado de forma más racional. Entre los materiales más comunes que buscan reemplazar el concreto como material principal en los sistemas constructivos tradicionales de edificaciones, se encuentran la madera, los metales, y los plásticos.

Sin embargo, actualmente el plástico ha sobresalido como el de mayor uso, dado que las propiedades de los plásticos son tantas y tan variadas que a menudo pueden sustituir a los materiales convencionales como la madera y los metales o complementarlos. Según el Ministerio de Ambiente de Colombia La palabra "plástico" no se asocia únicamente a un solo material o composición, y que este es el resultado genérico compuesto por gran cantidad de sustancias las cuales tienen diversas composiciones y estructuras. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004, pág. 14)

Así mismo, Risaralda se encuentra en una zona de alto nivel de riesgo debido a los constantes eventos sísmicos, por lo cual es necesario utilizar procesos de diseño estructurales novedosos y de alta calidad, buscando la utilización de materiales como el plástico que causan tanto daño al medio ambiente, y además cumplan con lo establecido por la normatividad nacional, proveyendo nuevas e innovadoras soluciones para la ingeniería del país.

2.2.Pregunta de investigación.

¿Cuáles son las proporciones de polietileno (plástico) y Kola que permiten aligerar el peso y mejorar la resistencia de los bloques para utilizar en construcción?

3. Justificación

Esta investigación tiene una finalidad académica, la cual consiste en desarrollar bloques con polietileno reciclado (plástico) a utilizar en la construcción de muros que no sean de carga portante, a través de diferentes dosificaciones generadas con la combinación de las resinas del polietileno de alta, media y baja densidad y el adherente (Kola).

Este estudio es pertinente en la medida que puede ser utilizado como herramienta y método de aplicación para las demás personas interesadas en implementar este tipo de procesos, además es de gran ayuda para que determinen de forma clara y precisa cuáles son los factores de mayor incidencia en el diseño, y así mismo identificar cuáles son las dosificaciones más recomendables y apropiadas en los bloques elaborados con la mezcla de polietileno y el adherente (kola), para garantizar la efectividad y seguridad en el sistema constructivo.

También obtiene relevancia dada la relación entre las funciones del ingeniero civil específicamente la de garantizar la sostenibilidad, pues se parte de la relación del ingeniero y el papel que cumple en el óptimo procedimiento de la reutilización, por ende se valida el problema investigativo una vez realizada la revisión del contexto y la importancia de conocer los porcentajes de residuos generados hoy en el departamento de Risaralda especialmente en la ciudad de Pereira, con el ánimo de evidenciar la contaminación generada por este material.

Actualmente el reciclaje no solo representa un tema ecológico sino también económico que con el tiempo se ha convertido en un negocio multimillonario que colabora con la preservación del medio ambiente y los recursos naturales. Esta Industria retoma los desechos como insumo o materia prima para ser aprovechados de diferentes maneras e

incluso reintegrarlos a la cadena productiva, pero se debe tener en cuenta que las sociedades actuales producen miles de residuos difíciles de reciclar, un ejemplo de esto, sucede en la industria del plástico, con las bolsas plásticas, que por la composición de sus materiales tardan cientos de años en degradarse, por tal motivo es realmente preocupante ver este tipo de desechos abandonados en la vía pública sin tratamiento alguno.

Es importante plantear estrategias que brinden soluciones claras al problema, por eso el presente estudio plantea una transformación de los mismos, con el fin de ofrecer un producto derivado del proceso (bloques) a las empresas de industria de la construcción en la región, las cuales requieren frecuentemente este tipo de productos con una perspectiva ecológica.

De acuerdo con esto, la intención y el resultado del proyecto se enmarcan en la reutilización de materiales de plásticos, utilizados en la elaboración de vasos, platos, empaques, entre otros, que actualmente están siendo desechadas en las calles, formando un gran volumen de contaminantes, dañinos para la salud humana. Así mismo, este estudio pretende pautar soluciones, por medio de la creación de elementos que permitan conservar y evaluar las características físicas, químicas y morfológicas de los bloques y el material diseñado.

Es por esto que el proyecto tiene un alto impacto ambiental, pues los plásticos son elementos que generan alta contaminación en el medio ambiente, y el problema ambiental es un tema que cada vez está teniendo mayor influencia en la toma de decisiones de las personas, ya que las consecuencias que dicho problema pueda presentar involucran a toda la sociedad en general hasta el punto de poner en riesgo su propia existencia; y, si bien es

una pequeña tendencia en la sociedad de pensar en el medio ambiente y en ahorrar recursos naturales al momento de acceder a un producto y/o servicio; también cabe resaltar las diferentes prácticas empresariales relacionadas a la gestión ambiental que van desde hacer campañas publicitarias de sensibilización al problema ambiental hasta garantizar que durante su cadena de valor se den procesos responsables con el medio ambiente.

Es importante que las acciones a realizar con el fin de mitigar el impacto ambiental no solo sea tarea por parte de una de las fuerzas de mercado; es decir, las empresas deben ofrecer productos y/o servicios que puedan disminuir su huella ambiental y los clientes son los responsables de recurrir y exigir a empresas que trabajen no solo en pro de la calidad o de las utilidades que puedan dar a sus inversionistas, sino también que sean conscientes del problema al cual se encuentra el planeta abocado, de manera que puedan seguir con sus actividades pero de manera responsable con el ambiente.

4. Objetivos de investigación

4.1. Objetivo general

Desarrollar bloques con polietileno reciclado (plástico) para la construcción de muros que no sean de carga portante mediante ensayos de laboratorio, a través de diferentes dosificaciones generadas con la combinación de las resinas del polietileno de alta, media y baja densidad y el adherente (Kola).

4.2. Objetivos específicos

1. Realizar ensayos de laboratorio a los bloques con proporciones de polietileno de densidad baja media y alta, para determinar la resistencia a la compresión.
2. Evaluar si los bloques cumplen con lo establecido por la Norma NSR-10 teniendo en cuenta los resultados de las pruebas realizadas.

5. Marco referencial

5.1. Marco teórico

El mundo actual genera una demanda en el sector de construcción, lo que conlleva a buscar nuevas tecnologías en materiales, las cuales tienen como objetivo, mejorar sus propiedades de tiempo, trabajo, y principalmente costos. Así mismo, se busca crear una un aumento a la resistencia, empleando elementos prefabricados que generan el incremento en el uso de materiales como el plástico reciclado, comúnmente el PET, generando beneficios tanto en los procesos constructivos como en el comportamiento futuro de la estructura.

5.1.1. Innovación y aplicabilidad de materiales de fabricación.

A través de los años, la construcción ha causado un impacto ambiental irreversible al ecosistema, pues la obtención y uso de materiales requieren de procesos de extracción que afectan el suelo y ambiente en general, trayendo consecuencias devastadoras para la sociedad en general, sin embargo, actualmente se están utilizando diversos materiales derivados de otros productos en su mayoría reciclados, que son de gran uso para que la construcción puede generar valor agregado y disminuir sus niveles de contaminación.

Entre estos materiales, el plástico se ha caracterizado en los últimos años por ser de uso común en la elaboración de productos para la construcción, especialmente en la mampostería, de acuerdo con esto, Garzón y Montaña (2014), afirman que el plástico es:

Un material que los pueda sustituir ya que al utilizarlo en la construcción reduce el impacto generado por utilizar materiales pétreos y así mismo ayuda 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. (p. 12)

5.1.2. Los plásticos: tipos y usos

Debido al alto consumo de plástico a nivel global, fue necesario establecer una clasificación de los mismos, por lo tanto, se utiliza el sistema de codificación SPI (Sociedad de Industrias del Plástico) el cual está aceptado a nivel global y se establece a través de 7 categorías. Básicamente consiste en una codificación que diferencia el tipo de material utilizado para la fabricación del plástico. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2004), las categorías del SPI son:

PET: Tereftalato de polietileno: es el plástico típico de botellas de bebidas.

HDPE: Polietileno de alta densidad: plástico utilizado en envases para productos de limpieza de hogar o químicos industriales

PVC o Vinilo: Cloruro de Polivinilo: es muy común en la industria de la construcción y en envases para shampoos, jabones, entre otros, además es tóxico.

LDPE: Polietileno de baja densidad: por lo general se usa para fabricar bolsas de plástico del supermercado y bolsas para empaquetar productos como leche y detergentes.

PP: Polipropileno: es un plástico resistente al calor y es muy utilizado en la industria de la medicina, así como en la fabricación de envases para yogures, pitillos, tapas de gaseosa, y muchos otros productos.

PS: Poliestireno: se utiliza principalmente para fabricar desechables como vasos y platos, y así mismo, en acrílicos como en cosméticos y cajas de CD.

Otros: en esta categoría están los que se elaboran con dos o más resinas de petróleo, y es muy utilizado para fabricar botellas de bebidas por lo que suele confundirse con el PET.

5.1.3. Uso del polietileno

Los denominados polímeros se obtienen como resultado de reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural.

Dependiendo de la estructura que forma el carbono al asociarse con hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, cambian las propiedades físicas y su estructura molecular. Se dividen en termoplásticos, materiales que se ablandan al ser calentados y se endurecen al enfriarse, y termoestables que adoptan una forma permanente al aplicarles calor y presión (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004, pág. 14).

La principal materia prima para la producción de plásticos, además del gas natural, es el petróleo. Cabe anotar que sólo el 5% del petróleo extraído se utiliza para la fabricación de plásticos, lo que representa una mínima cantidad de recursos no renovables, comparado con las ventajas y beneficios que se derivan de su transformación en incontables productos útiles. Adicionalmente, comparados con los materiales inorgánicos, los plásticos requieren un menor consumo energético durante su transformación porque se procesan a temperaturas de operación más bajas (MinAmbiente, 2012).

Actualmente, se observa una clara tendencia hacia el uso de los derivados del plástico como las resinas para la creación de diversos productos en todas las industrias, en la figura 1 se observan las diversas resinas generadas por el plástico y los usos más comunes en la industria:

SECTOR DE CONSUMO	MATERIAS PLASTICAS CONSUMIDAS % en peso (promedio)
1. Empaques y envases: para productos alimenticios, productos de higiene y aseo, productos industriales, lubricantes.	54
2. Construcción: tubería, accesorios, pisos, tejas, perfiles, cables, bañeras.	21
3. Institucional / consumidor: calzado, cepillos, escobas, artículos de mesa y cocina, colchones, muebles.	9
4. Agricultura: película para invernaderos, acolchados y telas sombra, mangueras y tubos.	8
5. Otros: láminas, partes industriales y para industria automotriz, deportes y varios.	8
TOTAL	100

Figura 1. Colombia: principales sectores consumidores de materias plásticas
Fuente: Acoplásticos

En Colombia, la industria del plástico, se ha caracterizado últimamente por ser la operación manufacturera más dinámica de las últimas tres décadas, esto se ve reflejado en los números que acompañan el proceso de manufactura arrojando un crecimiento promedio anual del 7%.

En la figura 2, se observan las aplicaciones más comunes de las resinas utilizadas en la industria.

APLICACIONES DE LAS RESINAS MAS UTILIZADAS		
Plásticos	Código	Aplicaciones típicas
Polietilén Tereftalato (PET)		Botellas de gaseosas, agua, aceite y vinos; envases farmacéuticos; tejas; películas para el empaque de alimentos; cuerdas, cintas de grabación; alfombras; zuncho; rafia; fibras.
Polietileno de alta densidad (PE-AD)		Tuberías; embalajes y láminas industriales; tanques, bidones, canastas o cubetas para leche, cerveza, refrescos, transporte de frutas; botellas; recubrimiento de cables; contenedores para transporte; vajillas plásticas; letrinas; cuñetes para pintura; bañeras; cerramientos; juguetes; barreras viales; conos de señalización.
Cloruro de polivinilo PVC-Rígido		Tuberías y accesorios para sistemas de suministro de agua potable, riego y alcantarillado; ductos, canaletas de drenaje y bajantes; componentes para la construcción, tales como: perfiles y paneles para revestimientos exteriores, ventanas, puertas, cielorrasos y barandas; tejas y tabletas para pisos; partes de electrodomésticos y computadores; vallas publicitarias, tarjetas bancarias y otros elementos de artes gráficas; envases de alimentos, detergentes y lubricantes; empaques tipo blister.
PVC-Emulsión		Papel decorativo para recubrimientos interiores, cueros sintéticos para muebles y calzado, juguetes.
PVC-Flexible		Membranas para impermeabilización de suelos o techos, recubrimientos aislantes para cables conductores; empaques y dispositivos de uso hospitalario (como bolsas para almacenar suero o sangre, equipos para venoclisis), mangueras para riego, suelas para calzado.
Polietileno de baja densidad (PE-BD, PE-LBD)		Películas para envolver productos, películas para uso agrícola y de invernadero; láminas adhesivas; botellas y recipientes varios; tuberías de irrigación y mangueras de conducción de agua; bolsas y sacos, tapas, juguetes; revestimientos; contenedores flexibles.
Polipropileno (PP)		Película para empaques flexibles, confitería, pasabocas, bolsa de reempaque, laminaciones, bolsas en general. Rafia, cuerda industrial, fibra textil, zuncho, muebles plásticos, utensilios domésticos, geotextiles, mallas plásticas, carcasas de baterías, vasos desechables, vasos plásticos, tarrinas, empaques para detergentes, tubería, botellas, botellones, juguetería.
Poliestireno (PS) Espumado Expandido		Su principal aplicación es la fabricación de envases y empaques tanto de uso permanente como de un solo uso (desechables). Aplicaciones dirigidas a la industria, como elementos para equipos eléctricos y electrodomésticos; carcasas; gabinetes interiores; contraportas de neveras; estuches para casetes de audio y video. Aplicaciones en la industria farmacéutica y accesorios médicos. Juguetería y recipientes de cosméticos. Elementos en la industria de la construcción: encofrados; concretos aligerados; difusores de luz; divisiones de baño; cielorrasos; rejillas arquitectónicas. Industria Automotriz: artículos escolares y de oficina. Elementos decorativos para el hogar; publicidad y promocionales.
Otros • Policarbonato (PC) • Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) • Estireno Acrilonitrilo(SAN) • Poliamida (PA) • Nylon • Acetatos(POM)		Botellones para agua Discos compactos Carcasas para computadores y equipos de tecnología Películas Envases para alimentos

Figura 2. Aplicaciones de las resinas más utilizadas en la industria
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

5.1.4. Sector construcción y la sostenibilidad

Gran parte de los sectores de la economía del país tienen una relación estrecha con el sector de la construcción y generalmente se da como proveedores directos. Entonces, el sector de la construcción es un factor clave para que las compañías optimicen al máximo sus recursos y puedan desarrollar con éxito su actividad económica, pues este brinda soluciones que permiten tener una estructura sólida.

Los factores determinantes en el éxito de las estrategias que implementan las empresas del sector con el fin de fortalecer sus procesos, su productividad y su competitividad en un mercado que cada vez es más exigente y complejo, son los métodos de implementación de tecnologías avanzadas, la correcta explotación de los recursos y la disminución del daño al medio ambiente (Acevedo, Vásquez, y Ramírez 2012).

Sin embargo, el sector posee unos factores de riesgo que puedan traer repercusiones negativas, el alto nivel de desempleo, las restricciones en la adquisición de terrenos para la construcción y las continuas dificultades en la búsqueda de licencias para desarrollar nuevos proyectos son algunos de estos.

El sector de la construcción, contiene otro de los factores importantes en el desarrollo de estrategias para el cuidado del medio ambiente y disminución del impacto ambiental causado por el consumismo del ser humano, es el diseño y fabricación de edificaciones sostenibles, por medio de las cuales se reducen factores de consumo como: la energía, los residuos, agua, etc. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2011).

5.1.5. Viviendas sostenibles

Según el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (2012), la construcción sostenible se refiere a las mejores prácticas aplicadas durante todo el ciclo de vida de las edificaciones (diseño, construcción y operación), las cuales deben aportar de forma efectiva a minimizar el impacto ambiental del sector de la construcción y mejorar sus estrategias con respecto al tema del cambio climático, el consumo excesivo de productos y la pérdida de biodiversidad (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2012).

De igual forma, Poveda (2014) afirma que:

En la arquitectura la sostenibilidad ambiental, ha desarrollado técnicas que proponen características que las consolida como edificaciones eficientes en las diferentes etapas, en entornos urbanos y rurales, técnicas que proponen características que las consolida como edificaciones eficientes, como por ejemplo: La reutilización de recursos, aprovechamiento de materiales de la región, insumos con producción más limpia, uso eficiente y racional de energía y agua, aprovechamiento del medio que lo rodea, nuevos hábitos de los usuarios, con el propósito de aumentar y mejorar la vida útil de las edificaciones, de esta manera se reduce el impacto negativo al ambiente que pueden ocasionar. (p.20)

Los objetivos de estos proyectos consisten en la disminución del impacto en el ambiente y un mayor bienestar para sus habitantes. A continuación, Susunaga (2014, p. 16), cita algunos elementos clave para lograr edificaciones sostenibles:

- Gestión del ciclo de vida, tanto de las edificaciones como de los materiales y componentes utilizados.

- Mayor calidad de la relación de la edificación con el entorno y el desarrollo urbano.
- Uso eficiente y racional de la energía.
- Conservación, ahorro y reutilización del agua.
- Utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción y en la operación, y prevención de residuos y emisiones.
- Selección de insumos y materiales derivados de procesos de extracción producción limpia.
- Mayor eficiencia en las técnicas de construcción.
- Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios.
- Cambio de hábitos de personas y comunidades en el uso de las edificaciones para reducir su impacto en la fase operacional e incrementar su vida útil.

Entonces, de acuerdo a lo anterior, el uso de viviendas sostenibles son un medio útil para reducir la contaminación generada por la construcción y hábitat de personas en unos sitios determinadas, ya que este proceso genera demasiada contaminación y daño al medio ambiente, pues algunos proyectos se realizan en áreas de reservas naturales, y con materiales cuyo proceso de extracción genera un alto impacto ambiental a los ecosistemas.

Hasta hace poco el proceso de construcción de un edificio, incluso los pasos previos y los posteriores a dicha construcción no hacían más que perjudicar al medio ambiente. Por ejemplo, en la fabricación de materiales de construcción (cemento, hormigón, acero, ladrillo) se consumen grandes cantidades de energía, además del gran daño ecológico que supone la extracción de los recursos minerales de canteras, minas, etc. (Bohigues, 2011.p. 4)

Es por esto, que la implementación de sistemas para la construcción de edificaciones sostenibles, no solo generan un gran aporte al cuidado del medio ambiente y la sostenibilidad de la calidad de vida de las personas, sino que también trae grandes ventajas de la construcción en general, en Colombia por ejemplo,: “El reto como sector y país es que no sean solo los edificios, sino también las grandes obras de infraestructura, la construcción civil y los proyectos de VIS, los que incorporen, en sus diseños, construcción y operación, conceptos ambientales y sociales (Susunaga, 2014. p.17).

5.1.1. Caso del plástico en Colombia

De igual forma, el Ministerio de Ambiente de Colombia (2015), con base a datos de la Fundación Seaturtles, afirma que

cerca del 10% del total de los plásticos en el mundo terminan en los océanos. El 70% de los mismos yacen en el fondo del mar, lugar donde nunca serán degradados, así mismo, cada 2,59 kilómetros cuadrados de océano tienen unas 46.000 piezas de plástico flotando.” (p.1)

Otro de los impactos más graves del consumo desmedido de las bolsas plásticas, según Minambiente (2015) ocurre en las zonas marinas que tienen 3 kilogramos de plástico por cada 0,5 kg de plancton, y más de 100.000 animales marinos y más de un millón de aves mueren a causa de los residuos plásticos que están derramados en todo el océano (Minambiente, 2015.p.2).

Trayendo estas cifras al contexto nacional, Ayala (2015), citando a la organización Greenpeace (2014), afirma que:

Teniendo en cuenta que la superficie de Colombia es de 1.141.748 Km², esta “Sopa de Basura” representaría tres quintas partes del territorio nacional. En esa gran Sopa se encuentran diferentes elementos plásticos de uso diario como botellas, envases, neumáticos, contenedores, juguetes y bolsas plásticas que han sido arrastrados por el viento y marea, llegando a formar parte de esa gran mancha (Ayala, 2015.p.24).

A pesar de las acciones implementadas en controlar el tiempo de degradación de las bolsas plásticas con aditivos químicos y oxobiodegradables, se forma un escenario que crea una oportunidad para el medio ambiente y nuevas empresas, Ayala, (2015) afirma que:

El uso de bolsas ecológicas reutilizables elaboradas con materiales como tela y fique que son rápidamente biodegradables y que con su empleo permitan la disminución del consumo de bolsas plásticas y de esta forma el impacto al medio ambiente podría menguarse. (Ayala, 2015, p. 25)

5.2.Marco geográfico

La investigación se desarrolla en la Universidad Libre seccional Pereira, en el laboratorio de resistencia de materiales, pavimentos y suelos.

5.3.Marco legal

La investigación esta soportada por las siguientes normas:

- Las especificaciones acerca de la realización del ensayo de compresión se encuentran en la norma Icontec No 673.

- Productos con criterios de sostenibilidad: promover procesos que mitiguen el daño ambiental de los materiales de construcción. Norma: Decreto 357 de 1997. Decreto 1505 de 2003. Resolución 1555 de 2005.
- Normatividad recursos renovables.
 - Decreto 2811 de 1974: en este decreto se crea el Código de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, el cual dispone en los Art. 192 y 193 las normas para el uso y reutilización de materias orgánicas o inorgánicas en la construcción como materiales que buscan generar un beneficio al medio ambiente.
- Impacto de los materiales de construcción.
 - Decreto Reglamentario 2462 de 1989: este decreto hace énfasis en la reglamentación de los procesos de explotación y extracción de materiales de construcción.
- Residuos sólidos.
 - Ley 99 de 1993: En esta ley se crea el Ministerio del Medio Ambiente, cuyo objetivo es velar por una óptima gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.
 - Resolución 1045 de 2003: Adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.
- Bloque de concreto.
 - Norma Técnica Colombiana NTC 4076 Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural.

- Norma Técnica Colombiana NTC 4076 Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería no estructural interior y chapa de concreto
- Decreto número 1285 de 2015: establece que la parte 2 del decreto 1077 de 2015 tendrá un título llamado “Urbanización y construcción sostenible”, el cual tiene como objetivo definir los lineamientos de construcción sostenibles, que busquen mejorar la calidad de vida de las personas, actuando bajo la responsabilidad social; tales como: porcentajes obligatorios de ahorro en agua y energía, procedimiento para la certificación de aplicación de las medidas, promoción de incentivos para la construcción sostenibles, entre otros (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2015).

6. Diseño metodológico

6.1. Tipo de investigación

Para la ejecución de la investigación es necesario definir la naturaleza de la información, las técnicas de recolección de datos y los instrumentos utilizados con el fin de dar respuesta a los objetivos planteados.

Esta investigación es de naturaleza cuantitativa y cualitativa puesto que se analizan las variables planteados tanto estadísticas como teóricas para la elaboración del documento. así mismo, es importante establecer de qué forma y con cuáles instrumentos se trabajan; el tema de interés es estudiado de manera exploratoria, ya que esta “es considerada como el primer acercamiento científico a un problema, nos ayuda a encontrar lo procedimientos adecuados, para elaborar una investigación posterior, es decir, establece contacto con el objeto de estudio dando una visión general de tipo aproximado” (Leyton & Mendoza, 2012).

El trabajo de investigación también se aborda de forma experimental, puesto que con este método:

Se obtiene su información de la actividad intencional, realizada por el investigador y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga y así poder observar los resultados, al tiempo que procura evitar, que otros factores intervengan en la observación. (Leyton & Mendoza, 2012)

6.2. Fuentes de recolección de información

Para la investigación que se realiza, es necesario utilizar las siguientes fuentes de información:

- Fuentes primarias: las principales fuentes son los formatos de diseño arquitectónico y estructural y documentos relacionados con el diseño de estas estructuras
- Fuentes secundarias: se recurre a la bibliografía y se hace una búsqueda de los antecedentes en trabajos investigativos llevados a cabo en base al tema del diseño de mezclas de concreto, al igual que la búsqueda de información teórica en documentos, textos, revistas y bases de datos.

6.3.Diseño experimental

A continuación, se procede a describir los factores de estudio, los tratamientos utilizados y las pruebas a realizar

- Factores

Los factores claves de esta investigación se basan en las diferentes dosificaciones generadas con la combinación de las resinas del polietileno de alta, media y baja densidad y el adherente (Kola).

- Proceso

1.. Recolección de materiales plásticos que son reutilizados tales como empaques de bolsas de leche, yogurts, zumos, bolsas de compras entre otros. 2. Limpieza de los materiales recolectados y selección de estos plásticos, en diferentes categorías por colores y densidades, alta, media y baja. 3. Triturado de los materiales seleccionados. 4. Diseño de la dosificación que genere más resistencia en el aglomerado plástico. 5. Ensayo en el laboratorio de resistencia con el aglomerado. 6. Comparación y selección de la mejor muestra.

- Tratamiento

Se realiza un tratamiento, definiendo 6 ensayos de compresión: ensayo compresión para las probetas con poliestireno

Se realizan 6 ensayos para el polietileno a los cuatrocientos cuarenta y cuatro días después del vaciado, observando la resistencia según el peso del cilindro, la altura y la densidad.

- Pruebas

Para determinar la magnitud de los factores a estudiar, se realiza un análisis de varianza porcentaje de polietileno en relación al grado de densidad (baja, media alta).

6.4. Matriz de diseño metodológico

A continuación, en la Tabla 1, se presenta la matriz del diseño metodológico utilizado en esta investigación:

Tabla 1. Matriz de diseño metodológico

Objetivo general: Desarrollar bloques con polietileno reciclado (plástico) para la construcción de muros que no sean de carga portante mediante ensayos de laboratorio, a través de diferentes dosificaciones generadas con la combinación de las resinas del polietileno de alta, media y baja densidad y el adherente (Kola).			
Objetivos específicos	Metodología	Instrumentos	Variables
Elaborar pruebas de laboratorio con proporciones de polietileno de densidad baja media y alta, para determinar la resistencia a la compresión de los bloques.	Cuantitativa y experimental		
Evaluar si los bloques cumplen con lo establecido por la norma NSR-10 teniendo en cuenta los resultados de las pruebas realizadas	cualitativa	Conocimientos adquiridos en la academia.	

Fuente: elaboración de los autores

6.5. Fases y resultados de la investigación

Para el desarrollo y alcance de los objetivos mencionados anteriormente se plantearon 2 fases, en la tabla 2 y 3 se detalla cada fase respectivamente:

Tabla 2. Fase 1 – Pruebas de laboratorio

Objetivo	Actividades
Elaborar pruebas de laboratorio con proporciones de polietileno de densidad baja media y alta, para determinar la resistencia a la compresión de los bloques.	Recolección de materiales plásticos Limpieza de los materiales y selección Triturado Diseño de la dosificación que genere más resistencia en el aglomerado plástico Ensayo en el laboratorio de resistencia con el aglomerado, Comparación y selección de la mejor muestra.

Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 3. Evaluación de los bloques

Objetivo	Actividades
Evaluar si los bloques cumplen con lo establecido por la norma NSR-10 teniendo en cuenta los resultados de las pruebas realizadas	Análisis de los datos Presentación de resultados

Fuente: elaboración de los autores

7. Desarrollo del proyecto

7.1.Procedimiento para elaboración de bloques de polietileno y polipropileno triturado

Inicialmente, se procede a detallar todo el proceso realizado para la elaboración de los bloques, teniendo en cuenta que se realizan 6 bloques, 2 para cada densidad (alta, media y baja) con el fin de identificar a que densidad se obtiene mayor resistencia con el uso del material (polietileno - plástico reciclado y triturado) y la mezcla con cola. Inicialmente se puntualiza todo el proceso mencionado en la metodología de estudio:

7.1.1. Recolección de materiales plásticos

En este proceso se recolecta el material plástico seleccionado y que es reutilizado, tales como empaques de bolsas de leche, yogurts, zumos, bolsas de compras entre otros., para esto se realizó un proceso de separación de basuras, iniciando en las viviendas de cada miembro del proceso de investigación y así mismo, se logra persuadir a la comunidad del sector de los Pinos Dosquebradas, específicamente en el conjunto residencial Bosques de la Acuarela 2 Etapa, donde se realizan procesos de recolección y selección de los materiales plásticos, los cuales sirven como materia prima para el proceso y además, ayudan a crear conciencia en la comunidad.

En la figura 3 se observan algunos de los materiales plásticos recolectados:



Figura 3. Materiales plásticos seleccionados
Fuente: elaboración propia

7.1.2. Selección de los plásticos recolectados y separación en diferentes categorías por colores y densidades, alta, media y baja.

Con respecto a la selección de los materiales, se trabaja desde las diferentes densidades de los plásticos recolectados, la selección se realiza de acuerdo a los siguientes criterios:

- Estado del material
- Grado de usabilidad del material
- Densidad
- Color

En este punto, es importante resaltar que se está utilizando polietileno de baja densidad o LDPE, el cual según RECIMED (2019), es el plástico utilizado para fabricar “algunas botellas, las bolsas de plástico del supermercado, bolsas de leche, bolsas para detergentes, algunos muebles, y alfombras”. Además, cuando se recicla es muy común usarlo para fabricar paneles y otros productos para la construcción al igual que el Polipropileno (PP) y

Tereftalato de polietileno (PET), siendo este último muy frecuente en la actualidad en la fabricación de ladrillos (Garzón y Montaña, 2014).

7.1.3. Triturado de los materiales seleccionados

Una vez seleccionados los materiales se procede a realizar el proceso de triturado, mediante la máquina de trituración, permitiendo obtener un material más maleable y manejable dado su nivel de homogeneidad. En la figura 4 se logra observar el material reciclado y triturado de acuerdo a su densidad.



Figura 4. Material plástico triturado de acuerdo a su densidad

Fuente: elaboración propia

7.1.4. Lavado y limpieza

Después de tener los materiales, es importante realizar el proceso de lavado y limpieza con el fin de que el producto esté libre de cualquier impureza y grasa que pueda ocasionar dificultades para adherir el material al mortero o en este caso a los cubos. En este proceso solamente se utiliza

agua limpia y se evitaron utilizar detergentes u otros productos que pudieran generar aceites o grasas en los elementos. En la figura 5 se observa el material lavado y limpio.



Figura 5. Plástico triturado lavado y limpio.

Fuente: elaboración propia

7.1.5. Diseño de la dosificación que genere más resistencia en el aglomerado plástico

El siguiente paso, luego del lavado y la limpieza de los materiales, estos ya se encuentran listos para realizar la mezcla, por lo tanto, se procede a llevar a cabo el proceso consistente en la dosificación, esto con el fin de determinar aquella que genere mayor resistencia a la compresión.

Como se puede apreciar a continuación, en la tabla 4 se detallan las dosificaciones utilizadas para la posterior realización de los ensayos, estas se dividen en alta y baja y teniendo en cuenta el peso del molde, el material la cola la relación material cola, y la densidad del material.

Tabla 4. Dosificación de la mezcla

DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA						
MUESTRA	PESO(gr) MOLDE	PESO (gr) MATERIAL	PESO (gr) MOLDE + MATERIAL	PESO (gr) COLA	RELACION MATERIAL COLA	DENSIDAD DEL MATERIAL
1	111,8	45,4	157,2	22,7	50	Alta
2	107,3	46,5	153,8	34,9	75	Alta
1	112,7	48,6	161,3	24,3	50%	Baja
2	110,5	46,2	156,7	34,65	75%	Baja
1	118,8	38,9	157,7	19,4	50%	Alta
2	113,4	44,8	158,2	33,6	75%	Alta

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente en la figura 6, se observa el proceso de dosificación realizado para el material y el adherente:



Figura 6. Proceso de Dosificación
Fuente: Elaboración propia

Antes de proceder a realizar los ensayos, es importante detallar el adherente utilizado para la mezcla, que en este caso es la Cola blanca, la cual según Maderame (2019), se divide en diversos tipos de acuerdo a sus características de secado y densidad y se elaboran en base a resina vinílica soluble en agua. Para este caso, la cola que se utilizó fue el Carpincol M-60:

- Carpincol

CARPINCOL MR-60 o POLIACETATO DE VINILO – PVA, es un pegante sintético a base de poliacetato de vinilo en una alta concentración, cuya original y única composición química le proporcionan su característico olor y color ofreciendo pegues de alta exigencia. En la figura 7, se realiza una descripción del Carpincol utilizado en la elaboración de los bloques.



Figura 7. Descripción del Carpincol
Fuente: Ardisa (2017).

Las especificaciones del producto son las siguientes: el CARPINCOL MR-60 NO es un producto tóxico y NO afecta la piel, siempre y cuando se maneje con las precauciones básicas de un producto

Además, el CARPINCOL MR-60 pega madera, triplex, aglomerados, hard-board, laminados de alta presión (Formica) y chapilla.

7.1.6. Diseño del molde para el bloque

De igual forma, es necesario especificar el proceso de elaboración de los 6 moldes de madera para la elaboración de los bloques y sus respectivas medidas, los cuales fueron elaborados en madera con las dimensiones expresadas en la tabla 5:

Tabla 5. Dimensiones de los moldes de madera

Dimensiones bloques de madera					
BLOQUE	DENSIDAD DEL MATERIAL	Peso (gr)	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Altura (cm)
1	Alta	42,8	4,72	4,72	5,13
2	Alta	47,5	4,72	4,76	5,26
3	Baja	46,3	4,72	4,75	5,27
4	Baja	50,8	4,81	4,83	5,2
5	Alta	50,3	5,01	4,92	4,91
6	Alta	50,2	4,8	4,83	5,05

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la figura 8 se observan los moldes de madera utilizados para la fabricación del bloque:



Figura 8. Moldes de madera
Fuente: elaboración propia

7.1.7. Procedimiento para relleno de los moldes y la fabricación de los bloques

Se llevan a cabo las mezclas para diseñar el bloque con la utilización del material de prueba con distintas densidades; alta y baja junto con el Carpincol MR-60. El procedimiento se observa en la figura 9:

1

2

SE PESAN LOS MATERIALES

PORCENTAJES

Peso Material	Relación Material/Cola
45,4	50%
48,6	50%
38,9	50%

3

Orden de mezcla de los materiales

1. Polietileno triturado
2. Adherente - Carpincol

4

SE MEZCLA BIEN HASTA LOGRAR QUE SE UNAN LOS MATERIALES

5

SE VACIA EL MATERIAL EN EL MOLDE

Figura 9. Procedimiento para la elaboración del bloque
Fuente: Elaboración propia

- Es importante resaltar que el material se debe adicionar en trozos pequeños para disminuir vacíos en el molde y mejorar la calidad de la elaboración de los bloques, tal como se ilustra en la figura 10 se observa el proceso:



Figura 10. Relleno del molde
Fuente: Elaboración propia

Terminando el relleno de los moldes con la mezcla, se deja secar durante 7 días en un ambiente fresco y libre de humedad, y se procede a realizar el retiro del molde para obtener el bloque de plástico. Para retirar el molde se utilizó un martillo y un alicate.

En la figura 11 se observa gráficamente la ejecución de este proceso:



Figura 11. Retiro del molde
Fuente: Elaboración propia

Después de retirar los moldes, se obtienen los 6 bloques para el respectivo ensayo de resistencia a la compresión. Los bloques después de haber sido retirados del molde quedan como se ilustran en la figura 12:



Figura 12. Bloques de plástico reciclado de densidad alta y baja
Fuente: elaboración propia

7.2. Ensayo de resistencia a la compresión de los bloques

Finalmente, se llevan al laboratorio para realizar los respectivos ensayos (compresión) y para comprobar si la resistencia a la compresión se encuentra entre los requisitos mínimos que exige la Norma Técnica Colombiana (NTC). De los 6 ensayos de resistencia a la compresión utilizando mezclas con plástico de diferentes densidades (polietileno y polipropileno) en los moldes elaborados, después de 444 días del vaciado se puede determinar lo siguiente:

- Ensayo de compresión de concreto con polietileno

En la tabla 6, se detallan los resultados del ensayo de compresión de polietileno de alta y baja densidad:

Tabla 6. Resistencia bloques de plástico de alta y baja densidad

Resistencia a la compresión									
ENSAYO	EDAD	Peso (gr)	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Altura (cm)	Densidad (gr /cm³)	Area Cilindro	Carga (lb)	Resistencia (lb/pulg²)
N1	444	42,8	4,72	4,72	5,13	0,37449	3,5	8262,74	2396
N2	444	47,5	4,72	4,76	5,26	0,40194	3,5	8025,36	2305
N3	444	46,3	4,72	4,75	5,27	0,39186	3,5	7148,64	2057
N4	444	50,8	4,81	4,83	5,2	0,4205	3,6	10588,08	2940
N5	444	50,3	5,01	4,92	4,91	0,41561	3,8	10250,88	2683
N6	444	50,2	4,8	4,83	5,05	0,42877	3,6	9823,76	2734

Fuente Elaboración propia

Como se observa en la tabla 1, los bloques que presentaron mayor resistencia fueron los bloques 4 y 6, con un total de 2940 y 2734 Lb/pulg² respectivamente. En la figura 13 se observa la resistencia de los demás bloques, los cuales están compuestos por una mezcla de las dos densidades de plásticos manejadas en el proceso (polietileno y polipropileno):



Figura 13. Comportamiento del material a los 28 días
Fuente: Elaboración propia

Obsérvese en la figura 13 que los últimos 3 ensayos tuvieron una mayor resistencia a la compresión, esto se puede presentar debido a que los últimos están elaborados con material reciclado de ambas densidades (Alta y baja), a diferencia de los primeros tres, los cuales solo contenían material de densidad baja. Así mismo, factores como la densidad y el área del cilindro, también pueden ser determinantes en el grado de resistencia del bloque, puesto que los que presentaron mayor resistencia, también son los que tienen mayor densidad.

Por su parte, el ensayo 3 fue el que presentó menor resistencia a la compresión, con un total de 2057 Lb/pulg²

8. Análisis de resultados

8.1. Comparación y selección de la mejor muestra.

A continuación, se muestra el resultado por cada uno de los bloques de acuerdo a su nivel de densidad:

- Prueba de resistencia a la compresión ensayo N1

En la figura 14, se observan la información general del bloque utilizado en el ensayo 1, así como los resultados de la prueba de resistencia realizada, específicamente la carga soportada y la resistencia del bloque.

Resistencia a la Compresión			
ENSAYO N1		EDAD	444 Dias
		Peso (gr)	42,8
		Lado 1 (cm)	4,72
		Lado 2 (cm)	4,72
		Altura (cm)	5,13
		Densidad (gr /cm³)	0,37449
Carga (Lb)	Resistencia (Lb/pulg²)	Area Cilindro	3,5
8262,74	2396	Tipo de Falla	Columnar

Figura 14. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N1

Fuente: Elaboración propia

Obsérvese en la figura anterior que el ensayo N1 tiene una densidad del material baja, por lo cual, la resistencia que se obtiene alcanza un resultado bajo, sin embargo, con la dosificación de este ensayo, se alcanza a cumplir con los requerimientos de la norma NTC-4205 y NTC 6033. Además, el bloque presento un tipo de falla columnar, la cual, según Park y Paulay (1988), se puede explicar debido a que los ensayos, no pueden absorber la liberación de energía de deformación de la máquina de ensayo cuando la carga disminuye después del esfuerzo máximo. En cambio, N4 y N6, a pesar que pierden algunos fragmentos, como se muestra en las figuras siguientes, mantienen su forma general.

- Prueba de resistencia a la compresión ensayo N2

En la figura 15, se observan la información general del bloque utilizado en el ensayo N2, así como los resultados de la prueba de resistencia realizada.

Resistencia a la Compresión							
ENSAYO	N2	EDAD	444 Dias				
		Peso (gr)	47,5				
		Lado 1 (cm)	4,72				
<p style="text-align: center;"><u>Resultados</u></p>		Lado 2 (cm)	4,76				
		Altura (cm)	5,26				
<table border="1"> <tr> <td>Carga (Lb)</td> <td>Resistencia (Lb/pulg²)</td> </tr> <tr> <td>8025,36</td> <td>2305</td> </tr> </table>		Carga (Lb)	Resistencia (Lb/pulg²)	8025,36	2305	Densidad (gr /cm³)	0,40194
		Carga (Lb)	Resistencia (Lb/pulg²)				
8025,36	2305						
		Area Cilindro	3,5				
		Tipo de Falla	Columnar				

Figura 15. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N2
Fuente: elaboración propia

Este ensayo al igual que el anterior presenta fallas de tipo columnar de gravedad baja, y una resistencia de 2305 lb/pulgadas cuadrada, lo cual indica que esta dosificación es óptima y cumple con lo requerido por la norma.

- Prueba de resistencia a la compresión ensayo N3

Con respecto al ensayo N3, se logra determinar que fue el que presento menor resistencia a la compresión con un total de 2057 lb/pulg², de igual forma, según la dosificación dada para este ensayo se mantiene una densidad baja. En la figura 16, se observa la información general del bloque utilizado en el ensayo N3, así como los resultados de la prueba de resistencia realizada. Cabe resaltar que este bloque presenta fallas de tipo columnar de grado crítico, pues el bloque se destruya completamente.

Resistencia a la Compresión			
ENSAYO	N3	EDAD	444 Dias
		Peso (gr)	46,3
		Lado 1 (cm)	4,72
		Lado 2 (cm)	4,75
		Altura (cm)	5,27
		Densidad (gr /cm³)	0,39186
		Area Cilindro	3,5
		Tipo de Falla	Columnar
Resultados			
Carga (Lb)	Resistencia (Lb/pulg²)		
7148,64	2057		

Figura 16. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N3 Lb /pulg²
Fuente: elaboración propia

- Prueba de resistencia a la compresión ensayo N4

En la figura 17, se observan la información general del bloque utilizado en el ensayo N4, así como los resultados de la prueba de resistencia realizada.

Resistencia a la Compresión			
ENSAYO	N4	EDAD	444 Dias
	Peso (gr)		50,8
	Lado 1 (cm)		4,81
Lado 2 (cm)		4,83	
Altura (cm)		5,2	
Densidad (gr /cm3)		0,4205	
Area Cilindro		3,6	
Tipo de Falla		Columnar	
<u>Resultados</u>			
Carga (Lb)	Resistencia (Lb/pulg²)		
10588,08	2940		

Figura 17. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N4 lb/pulg² cuadrada
Fuente: elaboración propia

Este ensayo al igual que el anterior presenta fallas de tipo columnar de baja gravedad, sin embargo, es el bloque de mayor resistencia a la compresión con un total de 2940 lb/pulgadas², lo cual indica que esta dosificación es la óptima y cumple con lo que establece la norma NTC-4205 para la implementación de estos materiales en los procesos constructivos.

- Prueba de resistencia a la compresión ensayo N5

Con respecto al ensayo N5, al igual que el anterior, este bloque alcanzo una resistencia más alta con un total de 2683 Lb/Pulg² y este ensayo al igual que el anterior presenta fallas de tipo columnar de baja gravedad.

En la figura 18 se detalla la información general del bloque utilizado en este ensayo, así como los resultados mencionados anteriormente:

Resistencia a la Compresión			
ENSAYO	N5	EDAD	444 Dias
		Peso (gr)	50,3
		Lado 1 (cm)	5,01
		Lado 2 (cm)	4,92
		Altura (cm)	4,91
		Densidad (gr /cm³)	0,41561
		Area Cilindro	3,8
		Tipo de Falla	Columnar
<u>Resultados</u>			
Carga (Lb)	Resistencia (Lb/pulg²)		
10250,88	2683		

Figura 18. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N5
Fuente: Elaboración propia

- Prueba de resistencia a la compresión ensayo N6

Finalmente, en la figura 19, se observa la información general del bloque utilizado en el ensayo N6, el cual obtiene una resistencia de 2734 Lb/ pulg². Cabe resaltar que la densidad de este bloque es la más alta de todos, debido a la dosificación utilizada.

Resistencia a la Compresión							
ENSAYO	N6	EDAD	444 Dias				
		Peso (gr)	50,2				
		Lado 1 (cm)	4,8				
<p style="text-align: center;">Resultados</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th>Carga (Lb)</th> <th>Resistencia (Lb/pulg²)</th> </tr> <tr> <td>9823,76</td> <td>2734</td> </tr> </table>		Carga (Lb)	Resistencia (Lb/pulg²)	9823,76	2734	Lado 2 (cm)	4,83
		Carga (Lb)	Resistencia (Lb/pulg²)				
9823,76	2734						
		Altura (cm)	5,05				
		Densidad (gr /cm³)	0,42877				
		Area Cilindro	3,6				
		Tipo de Falla	Columnar				

Figura 19. Prueba de resistencia a la compresión ensayo N6
Fuente: Elaboración propia

Este ensayo al igual que todos los demás, presenta fallas de tipo columnar de baja gravedad, sin embargo, es el segundo bloque que obtiene mayor resistencia a la compresión, lo cual indica que esta dosificación también es óptima y cumple con lo que establece la norma NTC-4205.

9. Conclusiones

Después de realizado el estudio, ¿es posible concluir del análisis de la resistencia que los bloques más afectados son los que contienen una mezcla con una densidad más baja del 0,40 gr / cm³ específicamente mostrando la siguiente relación: a mayor densidad del polietileno agregado en la mezcla, la resistencia aumenta, confirmando la hipótesis de que a mayor cantidad de plástico de alta densidad más crece la resistencia con respecto al diseño.

Se puede concluir que después de realizar 6 ensayos de compresión utilizando diferentes porcentajes de polietileno y polipropileno en relación a la densidad de la mezcla, con un tiempo de curado a los 28 días, el ensayo N4 logra una resistencia mayor con una densidad de polietileno de 0,4205 gr /cm³, ya que para el día 28 se llega a 2940 lb/pulg² cuadrada de resistencia total, creando un beneficio en la mezcla del aglomerado. Así mismo, se puede evidenciar que en los demás ensayos se obtiene una resistencia inferior, especialmente en el ensayo N3, que presenta una resistencia de 2057 lb/pulg², gran diferencia con el resultado del ensayo N4. Es importante evaluar los factores que afectan dicho resultado, sin embargo, dadas las circunstancias actuales que corresponden a la emergencia ocasionada por el virus Covid-19, se dificulta ahondar más en esta información, pues se requiere de pruebas de laboratorio y utilización de implementos que poca disponibilidad.

Por su parte, cada bloque al cual se le realiza un proceso de ensayo no presenta una variación significativa en sus pesos, ya que el agregado del material reciclado se realiza por porcentaje de volumen de los cilindros y no por peso. Por esta razón si se hace por peso va a generar una variación grande en la proporción en cuanto a cantidad del polietileno a agregar al diseño de mezcla con respecto a los materiales principales utilizados.

Finalmente, se obtiene como resultado una mejor resistencia en los bloques elaborados con una dosificación de alta densidad que con los elaborados con material de baja densidad.

10. Recomendaciones

Después de realizado todo el proceso de investigación se recomienda hacer pruebas con una maquina universal de ensayos, por medio de la cual se logra generar y obtener valores de deformación y carga aplicada, para poder obtener resultados de mayor relevancia como las curvas de deformación unitaria y compararlas con el esfuerzo aplicado, y poder determinar los valores como esfuerzo de fluencia, elasticidad, que influyen de manera directa en el comportamiento de las mezclas.

Finalmente, se recomienda a la Universidad mantener y potencializar estos procesos que contrarrestan y validan los modelos pedagógicos y educativos con los procesos prácticos que se aplican desde el contexto empresarial, con el fin de que los estudiantes puedan conocer las necesidades existentes dentro de los procesos constructivos.

Referencias

- Acevedo, H., Vásquez, A., & Ramírez, D. (2012). *Sostenibilidad: Actualidad y necesidad para el sector de la construcción. Gestión y ambiente.*
- Ayala, L. Ivonne. (2015). *Nuevas Formas De Consumo Y Protección Ambiental: Caso De Uso De Bolsas Reutilizables En Grandes Superficies De La Ciudad De Bogotá*
- Bohigues, D. (2011). *Vivienda tradicional VS Vivienda Sostenible.* UPV. VALENCIA.
Recuperado de:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11621/PFG.pdf?sequence=3>
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2012). *Construcción Sostenible: Una Agenda para Colombia.* Recuperado de: <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible/que-es>
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2011). *Elemento clave para la nueva economía verde y responsable.* Recuperado de: [www.andi.com.co/Archivos/file/GERENCIA%20RSE/Encuentro2011/Cristina%20Gamb oa.pdf](http://www.andi.com.co/Archivos/file/GERENCIA%20RSE/Encuentro2011/Cristina%20Gamb%20oa.pdf) >
- Garzón y Montaña (2014). Propuesta de un material para la construcción a partir de Cemento y el reciclaje de PET. Trabajo de Grado. Universidad Minuto de Dios. Zipaquirá. Colombia. Recuperado de:
https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/3453/TPED_GarzonAmayaJulian_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). Sector Plásticos. Bogotá: Desarrollo Sectorial Sostenible.
- Ministerio de Ambiente. (2015). *ABC Impuesto Nacional A Las Bolsas Plásticas.* Bogotá. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/ABC_bolsas.pdf

Poveda, L. (2014). Propuesta De Sostenibilidad Ambiental para la Arquitectura de la Vivienda Social en Bogotá. Tesis De Maestría. Pontificia Universidad Javeriana.

Bogotá. Recuperado de:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16404/>

RECIMED (2019). El ABC del plástico. Cooperativa Multiactiva de Recicladores de

Medellín. Recuperado de: <https://reciclaje.com.co/blog/aprende-a-reciclar/el-abc-del-plastico/>

Susunaga, J. (2014). *Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario.*

Tejada, A. J. y Valencia, P. A. (2017). Diseño de mezcla de concreto hidráulico con residuos industriales (limalla) como aditivo para aligerar el peso de elementos estructurales y mejorar su resistencia a la compresión. UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA