

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA
FABRICACIÓN DE ELEMENTOS
ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES DE
PLÁSTICO RECICLADO PARA USO EN EL
SECTOR CONSTRUCCIÓN**
Aplicación Área Académica

**DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL:
ARQ. EVA MARGARITA PINEDA LUNA**

**DOCENTE CO INVESTIGADOR:
ING. GILMAR ANDRÉS RAMÍREZ AZAHAR**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

ENERO 2019

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA
FABRICACIÓN DE ELEMENTOS
ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES DE
PLÁSTICO RECICLADO PARA USO EN EL
SECTOR CONSTRUCCIÓN**
Aplicación Área Académica

**DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL:
ARQ. EVA MARGARITA PINEDA LUNA**

**DOCENTE CO INVESTIGADOR:
ING. GILMAR ANDRÉS RAMÍREZ AZAHAR**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

ENERO 2019

Rectora

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

Dirección de Investigación y Proyección Social

Ing. Mario Wilfredo Montes, Director

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Ingrid Janeth Ulloa de Posada

Sra. Edith Aracely Cardoza de González

Director de Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura

Ing. Santos Jacinto Pérez Escalante

668.419 2

P649e Pineda Luna, Eva Margarita, 1989 -

SV Estudio de factibilidad técnica para fabricación de elementos arquitectónicos y estructurales de plástico reciclado para uso en el sector construcción : aplicación área académica [recurso electrónico] / Eva Margarita Pineda Luna, Gilmar Andrés Ramírez Azahar, coaut. -- 1ª ed. . -Datos electrónicos (1 archivo : 21500 kb). -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2019.

1 recurso en línea : col.

Forma de acceso : World Wide Web. URL:

<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>

Título tomado de la pantalla de presentación

Datos publicados también en forma impresa

ISBN: 978-99961-39-05-5 (Impreso)

ISBN: 978-99961-39-06-2 (E-Book)

1. Ladrillos. 2. Residuos de plástico - Pruebas. 3. Aprovechamiento de residuos. 4. Ensayo de materiales. I. Ramírez Azahar, Gilmar Andrés, coaut. II. Título.

Autor

Arq. Eva Margarita Pineda Luna

Co Autor

Ing. Gilmar Andrés Ramírez Azahar

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2019

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial
Compartir Igual
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: www.itca.edu.sv

TEL: (503)2132-7423

FAX: (503)2132-7599

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA	5
2.3. JUSTIFICACIÓN	5
3. OBJETIVOS	6
3.1. OBJETIVO GENERAL	6
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
4. HIPÓTESIS	6
5. MARCO TEÓRICO	6
5.1. PLÁSTICO	6
5.2. RECICLAJE	8
5.3. PROCESO DE RECICLAJE DEL PLÁSTICO	10
5.4. CALENTAMIENTO DE PLÁSTICOS	12
5.5. PROPIEDADES DEL POLIETILENO	14
5.6. PROPIEDADES DEL POLIPROPILENO	14
5.7. PROCEDIMIENTOS DE TRANSFORMACIÓN DEL PLÁSTICO	15
6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	17
6.1. IDENTIFICACIÓN DE SOCIO ESTRATÉGICO DISTRIBUIDOR DE PLÁSTICO	19
6.2. PROCESO DE DESARROLLO DE PRUEBAS BAJO NORMA ASTM	23
6.3. PRUEBAS DE PESO VOLUMÉTRICO: ASTM C 29-17	26
6.4. PRUEBAS DE GRAVEDAD ESPECIFICA: ASTM C128-04	28
6.5. MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS ASTM C 39 - 05	30
6.6. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIOS	34
7. RESULTADOS	37
7.1. PROPUESTA DE PROTOTIPO DE BLOQUE DE PLÁSTICO	37
7.2. DISEÑO DE MOLDE METÁLICO	39
7.3. FABRICACIÓN DE MOLDE METÁLICO	40
7.4. PROCESO DE MOLDEO DE BLOQUE	41
7.5. APLICACIÓN DEL BLOQUE PLÁSTICO	45
7.6. DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE PLÁSTICO RECICLADO	46
7.7. ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	47
8. CONCLUSIONES	47
9. RECOMENDACIONES	48
10. GLOSARIO	49
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
12. ANEXOS	51
12.1. RESUMEN DE CURRÍCULOS DE INVESTIGADORES PARTICIPANTES	54
12.2. ANEXO 2: FICHA TÉCNICA	55

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que preocupan en general a la mayoría de naciones, es la disposición de los desechos sintéticos como el plástico, materiales formados por polímeros, muy prácticos, pero a la vez contaminantes; difíciles de degradarse en la naturaleza. Debido a esto se catalogan como materiales para uso de reciclaje, para lo cual es necesario una clasificación del tipo de material, para su posterior procesamiento y de esta manera obtener un producto reciclado como una nueva materia prima. Existe variedad de alternativas de reciclaje de plástico en nuestro medio, por ejemplo: envases, tapas y botellas. Para esta investigación se ha utilizado plástico reciclado polietileno, el cual podrá ser utilizado para el área de la construcción, en la elaboración de un bloque de plástico reciclado que cumpla las funciones de un ladrillo o bloque de concreto para pared divisoria de espacios o portante de cargas. Para ello es necesario hacer algunos análisis de las propiedades físico - mecánicas del pellet de plástico, verificar su densidad, tamaño de partículas, punto de fundición, resistencia a la compresión y una manera de conseguir estos resultados es compararlo con normas de control de calidad de materiales, por lo que se tomó como base las normas ASTM para el control de calidad de bloques de concreto y sus agregados. Posteriormente se realizaron ensayos para caracterización del material y al mismo tiempo se trabajó en la elaboración de un molde metálico para producir el bloque de plástico reciclado. Al tener el molde se realizaron pruebas para determinar el punto de fusión del plástico, en un horno de laboratorio, obteniendo varios prototipos del producto que fueron mejorándose con cada prueba. Se realizaron pruebas bajo normas ASTM para determinar la factibilidad técnica de utilizar este tipo de plástico reciclado como materia prima para fabricar “bloques” en la industria.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, el cambio climático es una temática que debe trabajarse por diferentes caminos, cada uno de ellos concibe experiencias nuevas para mejorar las técnicas utilizadas, es un tema que puede ser trabajado desde la acción de crear conciencia medioambiental y hacer uso adecuado de los desechos, reutilizando, reduciendo y reciclando, hasta la utilización de energías generadas por recursos renovables. La disposición de residuos plásticos constituye una preocupación para la población, considerando que cuando la misma se realiza de forma inadecuada, se genera contaminación (ver anexo 1). La mayor parte de dicha contaminación lo genera el plástico que proviene en gran parte de todos los envases que compramos (ver anexo 2). Dado que este tipo de plástico es intratable y no se puede hacer nada más que esconderla bajo el suelo, incinerarla o transportarla en masa a los países pobres; es necesario proporcionar una alternativa de solución al alto grado de contaminación que genera; integrando la construcción como un eje transversal para minimizar el grave impacto ambiental, basándonos en la implementación de nuevas tecnologías de elementos o módulos de plástico para ser utilizados en la construcción, y permitiendo por medio de tecnologías innovadoras el desarrollo de nuevos materiales constructivos. En nuestro medio uno de los plásticos más utilizados y que generan mayor contaminación son los plásticos de polipropileno y polietileno. De esta manera, tenemos un material alternativo para construcción de viviendas de un nivel o viviendas de interés social.

2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

Los proyectos relacionados al reciclaje de materiales para crear alternativas novedosas comienzan con investigaciones de ensayos a prueba y error. Este tipo de estudios se han desarrollado en países europeos y en algunos países de América, donde ha sido necesario la caracterización del material, así como la elaboración de una mezcla y posterior fabricación de elementos estructurales, llegando al punto de regularizar el uso del plástico, ver anexo 3. Por ejemplo, en la República de Colombia, un arquitecto ha realizado un proyecto similar para fabricar bloques de plástico reciclado y con ello construir viviendas de interés social. Sin embargo, en El Salvador no se han desarrollado investigaciones relacionadas al uso de plástico reciclado para la fabricación de elementos estructurales y arquitectónicos para vivienda, siendo el objetivo a cumplir.

De manera semejante se realizará esta investigación, haciendo una caracterización de la materia prima, se realizará un diseño y posterior fabricación, para luego realizar estudios al elemento forjado.

Un estudio de esta naturaleza permitirá desarrollar un material alternativo para la construcción de edificaciones y viviendas de un nivel, así como minimizar el impacto de los desechos plásticos que afectan al medio ambiente, por otra parte, se estaría generando nueva tecnología como país y generación de empleos en la implementación de esta nueva tecnología de construcción.

De esta manera ITCA-FEPADE, estaría aportando a la sociedad investigaciones que beneficien a la población y se daría conocer los resultados obtenidos a otras instituciones afines al rubro del diseño y construcción de edificaciones.

2.3. JUSTIFICACIÓN

El reciclaje en El Salvador es una de las soluciones para bajar la carga que los residuos que se generan sobre el medio ambiente.

La utilización de los productos obtenidos luego del reciclaje, disminuye considerablemente el uso de energía. Y esto deriva también, en que, cuando se consuman menos combustibles fósiles, se generará menos dióxido de carbono y por lo tanto habrá menos lluvia ácida, lo que disminuirá el efecto invernadero.

El sector de la construcción es el segundo mayor consumidor de plásticos, detrás de los envases, se prevé que el uso de plásticos y derivados plásticos en el sector de la construcción continúe aumentando en los próximos años. La aplicación del plástico en la actualidad en la construcción va desde los techos, aislamientos, ventanas, tuberías, entre otros.

Por lo anterior, se trata de concientizar el reciclaje de plásticos para el uso de materiales alternativos desde la etapa de diseño hasta la construcción de edificaciones, siendo una de las vías para aportar de manera positiva en la mitigación del cambio climático, construyendo viviendas con materiales más amigables al medio ambiente. Debido a esto se propone la creación de modelos de plástico reciclado para elementos arquitectónicos y estructurales, que sea de fácil manejo al construir una vivienda y pueda ser empleado por diferentes personas, ayudando a la construcción de viviendas de interés social.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio de factibilidad técnica para la fabricación de un bloque de plástico reciclado como elemento de construcción para viviendas de interés social.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Diseñar y crear un bloque de plástico reciclado para uso constructivo.
- b) Diseñar y fabricar el molde a utilizar para la producción del bloque de plástico.
- c) Realizar ensayos de laboratorio bajo normas al plástico a utilizar para la fabricación del bloque.
- d) Efectuar ensayos siguiendo normas técnicas al bloque de plástico producido de material reciclado.
- e) Comparar las propiedades físicas de un bloque de concreto hidráulico con respecto al de plástico reciclado.

4. HIPÓTESIS

¿Será factible, técnicamente, la fabricación de elementos reciclados de plástico triturado como elementos arquitectónicos y estructurales alternativos para la construcción de viviendas?

5. MARCO TEÓRICO

5.1. PLÁSTICO

Antecedentes de los plásticos: los polímeros naturales. Antes de crearse los polímeros, la madre naturaleza era la única y exclusiva fuente de materiales con que el hombre contaba para la realización de sus herramientas, útiles y objetos de uso cotidiano.

La génesis del primer plástico sintético. En estos momentos entra en escena un material que supondría la revolución en el mundo de los polímeros y el primero de la ingente cantidad de nuevos plásticos que advendrían posteriormente. Tiene lugar la creación del primer plástico sintético termoestable a manos del químico Leo Baekeland, de la publicación realizada por Antonio Miravete:




“Los nuevos materiales en la construcción”, el siguiente párrafo: “La bakelita fue el primer polímero completamente sintético, fabricado por primera vez en 1909. Recibió su nombre de su inventor, el químico estadounidense Leo Baekeland. La baquelita es una resina de fenolformaldehído obtenido de la

combinación del fenol (ácido féenico) y el gas formaldehído en presencia de un catalizador; si se permite a la reacción llegar a su término, se obtiene una sustancia bituminosa marrón oscura de escaso valor aparente. Pero Baekeland descubrió, al controlar la reacción y detenerla antes de su término, un material fluido y susceptible de ser vertido en moldes”

Avances técnicos en la investigación y desarrollo de polímeros. Durante la segunda guerra mundial, este periodo se produce un vertiginoso crecimiento del empleo de algunos polímeros para poder sustituir a otros materiales de difícil adquisición.

Nació una industria que será la de mayor producción mundial. A partir de la segunda mitad del siglo XX destacamos que las investigaciones se centran en el descubrimiento de nuevos modos de síntesis de polímeros, los ingenieros de materiales potencian las características de los polímeros ya existentes, nacen otros que pueden considerarse como derivados de los que ya se conocen.

Los plásticos han penetrado en la sociedad y hoy en día son cruciales pues han contribuido a facilitar nuestro modo de vida, la variedad de polímeros que están presentes en el mercado es muy grande, con lo cual se generan tantos residuos que en 1988 el Bottle Institute de la Society of the Plastics Industry, crea un sistema de códigos para identificar los recipientes de plástico. Cada código tiene un número dentro de un símbolo triangular y una abreviatura debajo a fin de identificarlos correctamente para un eventual reciclaje. (García, 2009)

Código de Identificación de Plástico	Tipo de polímero plástico	Propiedades	Usos comunes en envases y contenedores
	Tereftalato de polietileno(PET, PETE)	Claridad, dureza, resistencia, barrera a los gases y al vapor.	Bebidas gaseosas, botellas de agua y de condimentos para ensaladas; frascos de manteca de maní y mermeladas
	Polietileno de alta densidad(HDPE)	Dureza, resistencia, resistencia a la humedad, permeabilidad al gas.	Tuberías para agua, baldes de 10 litros, botellas para leche, jugo y agua; bolsas de compras, botellitas de shampoo y perfumes
	Policloruro de vinilo(PVC)	Versatilidad, facilidad de mezclado, dureza, resistencia.	El PVC fue uno de los primeros plásticos utilizados para fabricar botellas para aceite y agua mineral y luego fue reemplazado por el PET solo por una razón de producción y costos.





	<p>Polietileno de baja densidad(LDPE)</p>	<p>Facilidad de procesamiento, dureza, resistencia, flexibilidad, fácil de sellar, barrera al vapor.</p>	<p>Bolsas para alimentos congelados; botellas exprimibles, ejemplo. miel, mostaza; tapas flexibles para contenedores.</p>
	<p>Polipropileno(PP)</p>	<p>Dureza, resistencia, resistencia al calor, productos químicos, grasa y aceite, versátil, barrera al vapor.</p>	<p>Vajilla reusable para microondas; elementos de cocina; contenedores para yogur; contenedores descartables para alimentos que se pueden poner en el microondas; tazas descartables; platos.</p>
	<p>Poliestireno(PS)</p>	<p>Versatilidad, claridad, fácil de darle forma</p>	<p>Cajas para huevos, tazas, platos, bandejas y cubiertos descartables; contenedores para alimentos take-away descartables;</p>
	<p>Otro (a menudo policarbonato o ABS)</p>	<p>Dependiente de los polímeros o combinación de polímeros</p>	<p>Botellas para gaseosas; biberones para bebés. Usos del policarbonato distintos de embalaje: discos compactos; cristales "irrompibles"; gabinetes de aparatos electrónicos; lentes incluidos lentes para sol, lentes recetados, lámparas para automóviles, escudos para manifestaciones, paneles de instrumentos;</p>

Figura 1. Códigos recomendados por el Plastic Bottle Institute para la identificación de plásticos. Fuente: (García, 2009)

5.2. RECICLAJE

El espectacular aumento en el consumo de los plásticos en la sociedad moderna, que se estima que crece un 4% anualmente, se ha producido en paralelo con el desarrollo tecnológico de estos materiales, cuyo uso se ha extendido además del campo convencional de los envases, en la fabricación de componentes en las industrias de automoción, vivienda, vestido y todo tipo de bienes de consumo.

Sin embargo, el éxito en el desarrollo tecnológico no ha llevado emparejada la previsión de reciclado de los productos, política de reciente actualidad y que condiciona ya la propia filosofía de fabricación (Molgaard, 1995). (José M Arandes, 2004)

Tecnologías del reciclado. Existen diversos métodos en el tratamiento del reciclado de los plásticos, denominados: Primario, secundario, terciario y cuaternario.

El tratamiento primario consiste en operaciones mecánicas para obtener un producto de similares características que el producto original. Este reciclado se aplica para el aprovechamiento de recortes de las plantas de producción y transformación, y corresponde a un porcentaje muy reducido de los denominados residuos plásticos.

En el tratamiento secundario, consistente en la fusión, los desechos son convertidos en productos de diferentes formas y con mayor espectro de aplicaciones, las cuales son diferentes a las del plástico original, en un proceso evolutivo "en cascada" hacia prestaciones inferiores. Esta es la tecnología más usada hasta ahora, particularmente en la industria del automóvil, y se estima en sólo el 20% los plásticos que pueden ser reciclados de esta forma.

El reciclado terciario, o "reciclado químico", persigue el aprovechamiento integral de los elementos constitutivos del plástico, por transformación del mismo en hidrocarburos, los cuales pueden ser materias primas integrables bien nuevamente en la ruta de obtención de plásticos o en otras rutas de la industria petroquímica. Los métodos pueden ser químicos o térmicos, dependiendo del tipo de polímero.

El reciclado cuaternario consiste en la incineración para recuperar energía. Actualmente es muy cuestionado socialmente por los problemas medioambientales.

El reciclaje en El Salvador es una de las soluciones para bajar la carga que los residuos generan sobre el medio ambiente

¿Por qué hay que reciclar?, reutilizar es un proceso que nos ayuda a resolver muchos problemas originados por la forma de vida de la sociedad, la utilización de los productos obtenidos, disminuye considerablemente el uso de energía, hace que consumamos menos combustibles fósiles; en el aspecto monetario reciclar puede generar muchos empleos.

Los objetivos principales del reciclaje en El Salvador son:




El ahorro de energía: Cuando reciclamos damos la pauta para que las empresas usen menos energía ya que al hacerlo, estamos reutilizando material que ya ha sido creado y que se utilizó energía para crearlo.






El ahorro de recursos naturales: Cuando reutilizamos nos ahorramos recursos naturales que las grandes empresas toman para poder crear la materia prima que utilizan para crear lo que son los envases.

Disminución de residuos que ajenos a la naturaleza: Cuando reciclamos evitamos que se acumulen residuos que la mayoría de veces no pueden ser eliminados de forma natural o que, de hacerlo, demoran muchísimo tiempo. Afectando así toda una cadena, desde las especies pequeñas de animales y de forma indirecta o en algunos casos directa, a los habitantes.

El Salvador entre enero de 2011 y noviembre del 2012 logro exportar 79 millones en desperdicios de aluminio, papel, cartón y plásticos. Además, podemos observar que la venta de basura reciclada ha permitido que en los últimos años en el país hallan ingresos para las pequeñas y medianas empresas, las cuales están en primera fila para recolectar, luego vender a las empresas recicladoras y posteriormente ya sea (dependiendo del material), procesar aquí en el país o importar a China, por ejemplo.

5.3. PROCESO DE RECICLAJE DEL PLÁSTICO

Proceso de reciclaje del plástico		
	Recepción de materias primas	<p>Por materia prima se entiende todo aquel material plástico susceptible de ser reciclado (PEAD, PEBD, PP, PET, PS, ABS), el material debe estar preclasificado por calidad y puede proceder de rechazo industrial, posconsumo y agrícola. Estos materiales pueden llegar en cajas, sacos, Big Bags, triturados, en contenedores (Granel) o balas.</p>
	Proceso de selección	<p>Una vez recibida, nuestra materia prima pasa por un riguroso proceso de selección donde se realizan las siguientes fases:</p> <p>Separación de materiales no aptos por su tipología:</p> <p>Se separan aquellas materias plásticas diferentes a las que en el momento de consumo correspondan a la calidad en proceso, etiquetas, materias férricas, tierras...etc. Con este proceso garantizamos una calidad óptima, aumentamos las capacidades productivas, evitamos una producción ineficiente, y nos servirá para llevar un control sobre la materia prima suministrada por nuestras fuentes de aprovisionamiento.</p> <p>Segregación de colores del plástico a consumir:</p> <p>Gracias a esta fase conseguimos un menor consumo de colorantes, lo que nos da un beneficio mayor tanto económico como medioambiental, así como una mayor variedad en los productos terminados.</p>
	Triturado	<p>Las piezas se rompen y desmenuzan a través de trituradores de gran capacidad productiva, por medio de un juego de cuchillas giratorio, reduciéndolas a pequeños trozos según el diámetro de la criba. Con el triturado logramos que la granulometría del plástico sea homogénea lo que nos facilita las posteriores labores de transporte, lavado y secado.</p>

	<p>Lavado</p>	<p>Una vez triturado, el plástico se introduce en unos lavaderos industriales. Unas aspás remueven el agua de manera que el plástico quede mojado totalmente y en el fondo de los lavaderos quedarán depositadas posibles impurezas como tierra, piedras, metales, cartón, PVC y cualquier otro material más denso que el agua.</p>
	<p>Secado y centrifugado</p>	<p>El material extraído de los lavaderos pasa a las centrifugas donde además de hacer las funciones de secado eliminarán por completo cualquier impureza que aún pudiera escapar de los lavaderos.</p>
	<p>Homogeneización</p>	<p>Una vez triturado, lavado y secado, el plástico se almacena en un gran silo, donde será mezclado por un proceso mecánico, hasta conseguir un material homogéneo en color, textura y comportamiento, quedando preparado para la extrusión.</p>
	<p>Extrusionado</p>	<p>El cuerpo central de la extrusionadora se compone de un largo cañón que, mediante el calor y la fricción de su eje interior, permite el plastificado de todas las partículas antes creadas dando lugar a una masa uniforme. De este modo los polímeros se funden mediante el calor. En este apartado es cuando añadimos el color necesario que demandan nuestros clientes para satisfacer sus necesidades.</p>
	<p>Filtrado</p>	<p>Con la textura y fluidez necesarias, el plástico pasa aún por un proceso de filtrado -un sistema de mallas muy finas- que retendrán cualquier tipo de impurezas que en los procesos anteriores pudiera haber dejado adheridas al material: restos de cartón, pequeños trozos de madera, tela u otros trozos de materiales incompatibles. Cuando estas mallas se ensucian son sustituidas por otras limpias de forma automática.</p>




	Granceado o Peletizado	El plástico sale por la cabeza de la extrusionadora en forma de monofilamentos o hilos que, en contacto con el agua depositada en la bañera, se enfrían. Los hilos pasan a la tallarina, donde son cortados por una cuchilla giratoria. De este proceso obtenemos el grano o granza adecuado.
	Envasado	Desde la extrusora, la granza es lanzada por una instalación neumática por medio de un electro ventilador, hasta un depósito o silo donde un ciclón eliminará restos de humedad. Posteriormente, y según las necesidades, el producto es envasado.
	Almacenamiento	Un buen almacenamiento del producto terminado es fundamental para evitar posibles daños: golpes, inclemencias climáticas, deterioro, etc. y conseguir el máximo grado de aceptación del cliente.

Figura2. Proceso de reciclaje según empresa La Red reciclados plásticos. Fuente: (La Red, reciclados plásticos, 2018)

5.4. CALENTAMIENTO DE PLÁSTICOS

En el proceso de termoformado, la operación de calentamiento es una de las etapas que emplea más tiempo y en la que se pueden presentar las mayores dificultades, ocasionando el mal aprovechamiento de recursos materiales y humanos.

Aun cuando los científicos han dividido la transferencia de calor en tres fenómenos distintos: conducción, convección y radiación, ya en la práctica los tres son concurrentes.

- **Conducción.** Es la transferencia de calor de una parte de un cuerpo a otra del mismo cuerpo, o bien de un cuerpo a otro que está en contacto físico con él, sin desplazamiento apreciable de las partículas del cuerpo.
- **Convección.** Es la transferencia de calor de un punto a otro, dentro de un fluido, gas o Líquido (mediante la mezcla de una porción de fluido con otra). En la convección natural, el movimiento del fluido se debe totalmente a diferencias de densidad como resultado de diferencias de temperatura. En la convección forzada, que es la que nos interesa, el movimiento se produce por medios mecánicos. Cuando la velocidad es relativamente baja, se debe entender que los factores de convección libre, tales como las diferencias de temperatura y densidad, pueden tener una influencia importante.

- Radiación Es la transferencia de calor de un cuerpo a otro que no se encuentra en contacto con él, por medio del movimiento ondulatorio a través del espacio.

Para propósitos del proceso de termoformado, se consideran tres medios para la transmisión de calor, éstos son:

- Contacto con un sólido, líquido o gas caliente.
- Radiación infrarroja.
- Excitación interna o por microondas.

Los dos primeros son muy empleados en el termoformado de plásticos y para varios de ellos el rango de temperatura es entre 120° C y 205° C (250° F y 400° F).

Los plásticos son pobres conductores de calor; por lo tanto, los espesores gruesos requieren un tiempo de calentamiento considerablemente largo. En la Tabla No. 1 se enlistan algunas propiedades térmicas de algunos materiales para su comparación. En el termoformado de plásticos es importante tomar en consideración la elección del método de calentamiento y el tamaño del equipo de calentamiento.

MATERIALES	GRAVEDAD ESPECÍFICA g/cm ³	CALOR ESPECÍFICO Btu/ lb °F	CALOR DE FUSIÓN Btu/lb	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Btu ft/sq ft hr °F	COEFICIENTE TÉRMICO DE EXP. LINEAL in/in °F10 ⁻⁵
Aire	0.0012	0.24		0.014	
Agua	1	1	144	0.343	
Hielo	0.92	0.5	144	1.26	2.8
Madera suave	0.5	0.4		0.052	1.5
Madera dura	0.7	0.4		0.094	1.5
R. fenólicas	1.5	0.3		0.2	3-5
R. epóxicas	1.6-2.1	0.3		0.1-0.8	1.5-2.8
Polietileno	0.96	0.37	55	0.28	7
Acrílico	1.19	0.35		0.108	3.5
Polycarbonato	1.2	0.30		0.112	3.7
Grafito	1.5	0.20		87	0.44
Vidrio	2.5	0.20		0.59	0.5
Cuarzo	2.8	0.20		4 y 8	0.4 y 0.7
Aluminio	2.7	0.23	171	90	1.35
Acero	7.8	0.10	171	27	0.84
Cobre	8.8	0.092	88	227	0.92

Tabla No.1 Propiedades térmicas de algunos materiales, fuente: (Plastiglas de Mexico S.A de C.V)

Para efectos prácticos vamos a dividir los medios de transmisión de calor en cuatro tipos y que son:

Calentamiento por contacto El método más rápido de calentamiento, es colocar el plástico íntimamente en contacto con una placa caliente de metal. Se usa especialmente para la producción en masa de artículos pequeños y delgados.

Calentamiento por inmersión Este método consiste en sumergir el plástico en algún líquido que transfiera el calor lo más uniforme posible y rápidamente, pero su uso está restringido al moldeo de partes con láminas muy grandes o muy gruesas, ya que la manipulación y la limpieza de la pieza es difícil.

Calentamiento por convección Los hornos con convección de aire son ampliamente usados, porque proveen un calentamiento uniforme y pueden, en cierto grado, secar algunos materiales que contengan

cierto porcentaje de humedad. Estos hornos proveen un gran margen de seguridad con respecto a las variaciones en tiempo de los ciclos de termoformado.

Nota importante: Todos los medios de calentamiento mencionados anteriormente, requieren un tiempo considerable de precalentamiento del equipo. (Plastiglas de Mexico S.A de C.V)

5.5. PROPIEDADES DEL POLIETILENO

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de un material se refieren a su capacidad para soportar fuerzas, el modo como se deforman y ceden ante dichas fuerzas. Así las propiedades mecánicas del Polietileno de alta densidad dependen básicamente de su estructura, que comprende lo que es la distribución del peso molecular, el peso molecular y la cristalinidad. Pero también depende de factores externos como lo son la temperatura, entorno químico y el tiempo, entendido este último como medida de la rapidez con que se aplican fuerzas, así como de la duración de éstas.

Polietileno líquido

El movimiento del polietileno líquido es no newtoniano. La velocidad disminuye a medida que aumenta la presión y con ésta la velocidad de paso. Por la sensibilidad de la viscosidad de la masa fundida al peso molecular, y en virtud de que el polietileno se maneja normalmente en estado fundido en operaciones de extrusión, moldeo o vaciado, los diferentes polímeros del comercio se caracterizan por la viscosidad del producto fundido.

El polietileno es insoluble en agua y sólo absorbe ésta en un grado muy limitado. La absorción de agua aumenta con la temperatura.

Permeabilidad: Una propiedad importante del polietileno es su pequeña permeabilidad al vapor de agua. Por otro lado, el polietileno tiene una permeabilidad elevada a los vapores orgánicos y al oxígeno. La permeabilidad aumenta con la temperatura.

Propiedades eléctricas: Como podía esperarse de su composición química, el polietileno tiene una conductividad eléctrica pequeña, baja permitividad, un factor de potencia bajo y una resistencia dieléctrica elevada. Las propiedades eléctricas no son especialmente sensibles a la humedad en virtud de la absorción muy pequeña de agua por el polietileno; pero el factor de potencia es probable que aumente si se somete el polietileno a la oxidación.

Propiedades químicas: El polietileno es uno de los polímeros más estables e inertes, como podía esperarse de su estructura sustancialmente parafínica. Sin embargo, tiene algunas reacciones que limitan sus usos y que exigen adoptar ciertas precauciones durante su tratamiento.

5.6. PROPIEDADES DEL POLIPROPILENO

Es un termoplástico semicristalino no polar, de dureza y rigidez elevada, tiene una excelente resistencia al impacto, y a los productos químicos corrosivos. Se utilizan en distintos procesos industriales, debido a sus buenas propiedades eléctricas, químicas y mecánicas.

Por sus propiedades aislantes hacen que tiendan a cargarse electrostáticamente y acumular polvo.

Resiste químicamente a soluciones acuosas de ácidos inorgánicos, ácidos orgánicos débiles, lejías, alcohol y algunos aceites.

El polipropileno es un tipo de plástico que puede ser moldeado con la calefacción solamente, es decir, es un termoplástico. Tiene propiedades similares al polietileno (PE), pero con un punto de ablandamiento más alto.

Entre las propiedades más útiles del polipropileno:

- **Material ligero:** es uno de los plásticos con menos densidad, entre 0.895 y 0.92 g/cm³.
- **Estructura cristalina:** las formas isotácticas tienen mayor grado de cristalinidad y mayor resistencia mecánica.
- Alta resistencia mecánica
- Excelente aislante eléctrico
- **Baja absorción de humedad:** el polipropileno no se daña con el agua por la bajísima absorción de humedad.
- **Alto punto de fusión:** el punto de fusión del polipropileno está en torno a los 160 °C, lo que hace que se pueda utilizar en aplicaciones de alta temperatura a las que no se pueden utilizar otros polímeros. Para el uso continuo se recomienda una temperatura máxima de 100 °C.
- **Resistencia química:** el polipropileno es altamente resistente a la corrosión tanto por agentes ácidos como por agentes alcalinos. También es muy resistente a la acción de detergentes y sustancias electrolíticas.

5.7. PROCEDIMIENTOS DE TRANSFORMACIÓN DEL PLÁSTICO

A partir de los polímeros y de acuerdo con el tipo de artículo que se desea confeccionar se emplean distintos procedimientos, siendo los principales:

1. Moldeo por inyección
2. Moldeo por extrusión
3. Moldeo por soplado
4. Moldeo por vacío
5. Calandrado

1) Moldeo por inyección

Un émbolo o pistón de inyección se mueve rápidamente hacia adelante y hacia atrás para empujar el plástico ablandado por el calor a través del espacio existente entre las paredes del cilindro y una pieza recalentada y situada en el centro de aquél. Esta pieza central se emplea, dada la pequeña conductividad térmica de los plásticos, de forma que la superficie de calefacción del cilindro es grande y el espesor de la capa plástica calentada es pequeño. Bajo la acción combinada del calor y la presión ejercida por el pistón de inyección, el polímero es lo bastante fluido como para llegar al molde frío donde toma forma la

pieza en cuestión. El polímero estará lo suficiente fluido como para llenar el molde frío. Pasado un tiempo breve dentro del molde cerrado, el plástico solidifica, el molde se abre y la pieza es removida. El ritmo de producción es muy rápido, de escasos segundos.

2) Moldeo por extrusión

En el moldeo por extrusión se utiliza un transportador de tornillo helicoidal. El polímero es transportado desde la tolva, a través de la cámara de calentamiento, hasta la boca de descarga, en una corriente continua. A partir de gránulos sólidos, el polímero emerge de la matriz de extrusión en un estado blando. Como la abertura de la boca de la matriz tiene la forma del producto que se desea obtener, el proceso es continuo. Posteriormente se corta en la medida adecuada.

Extrusión de film tubular

En esto proceso se funde polietileno de baja densidad. El fundido es extruido a través de una matriz anular. Se introduce aire inflando el tubo del polímero extruido para formar una burbuja del diámetro requerido, la que es enfriada por una corriente de aire. El film es arrastrado por un par de rodillos que aplastan la burbuja manteniendo así el aire empleado para inflar la burbuja dentro de ella.

3) Moldeo por insuflación de aire

Es un proceso usado para hacer formas huecas (botellas, recipientes). Un cilindro plástico de paredes delgadas es extruido y luego cortado en el largo que se desea. Luego el cilindro se coloca en un molde que se cierra sobre el polímero ablandado y le suprime su parte inferior cortándola. Una corriente de aire o vapor es insuflado por el otro extremo y expande el material hasta llenar la cavidad. El molde es enfriado para el fraguado.

4) Moldeo por vacío

Mediante este proceso se comprime una chapa de resina termoplástica ablandada por el calor contra un molde frío. La chapa toma y conserva la forma del molde. Este método se emplea para revestimientos interiores (puertas de heladeras, gabinetes, etc.)

5) Calandrado

El proceso se emplea para la fabricación de chapas y películas plásticas. Consiste en pasar un polímero convertido en una masa blanda entre una serie de rodillos calentados. A medida que el polímero pasa a través de los rodillos se forma un producto uniforme. El último par de rodillos se ajustan para dar el espesor deseado. El sistema de rodillos de enfriamiento da a las chapas o películas su estructura molecular permanente.

Proceso de Fundición

En este proceso no se requiere calor ni presión. El plástico fluido se vierte en un molde, o el polímero sólido que puede ser licuado mediante solventes o catalizadores. En la fundición, el polímero se coloca en un molde y se solidifica por una reacción química llamada Vulcanización. Si el plástico se solidifica por el añadido de ciertos catalizadores, se dice que está vulcanizado.

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Como resultado del proceso de trabajo realizado durante el período de investigación 2018 se desarrolló el estudio de factibilidad técnica para la fabricación de bloques de plástico reciclado por fundición para uso en viviendas de interés social.

Analizando la clasificación de la materia prima más óptima a utilizar, la realización de ensayos bajo normas ASTM utilizadas en el área de la construcción en El Salvador, diseñando un prototipo de bloque para utilizarlo en construcción, esto a partir de las siguientes fases metodológicas (Sampieri Roberto, 2003):

La fase inicial consistió en la *Investigación Técnica* que permitió la recolección de la información necesaria para determinar qué tecnología, materiales y procesos eran los indicados para el desarrollo del Estudio de factibilidad técnica para la fabricación de bloques de plástico reciclado por fundición para uso en viviendas de interés social. Los diferentes tipos de plásticos que existen y determinar cuáles eran los más adecuados, las características físicas y químicas que presentan y serán de utilidad al proyecto. Ejemplo de ello el polipropileno que tiene alta resistencia química a los disolventes, fácil de moldear, fácil de colorear, alta resistencia a la fractura por flexión o fatiga; el polietileno, resiste mejor las bajas temperaturas en comparación con el polipropileno, es un material muy elástico y se estira fácilmente, cuenta con mayor flexibilidad, el polietileno da lugar a un tipo de plástico robusto, con gran resistencia a la abrasión, al impacto y al desgaste.

Se analizaron los procedimientos a utilizar para la fluidificación del plástico dentro de los métodos que existen y se identificó la capacidad de equipo con el que se cuenta en la Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura, que ayudaría a esta parte del proceso.

Con todo este conocimiento se pudo dar paso a la segunda etapa de la investigación, *Realizar ensayos para evaluar material*, a los plásticos seleccionados para el proyecto se le realizaron las siguientes pruebas de laboratorio bajo normas ASTM:

- Granulometría (ASTM C 133-14)
- Peso Volumétrico (ASTM C 29- 17)
- Gravedad Especifica (ASTM C 128-04)
- Pruebas estándar para la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos (ASTM C39-05)

Las pruebas antes mencionadas son para estandarizar el procedimiento a utilizar en el desarrollo del bloque de plástico.

Los resultados de estas pruebas fueron importantes para poder avanzar en el desarrollo de la investigación, con ellos se tomó la decisión de trabajar con un tipo de plástico en específico (polietileno), por sus características observadas en los ensayos antes descritos.

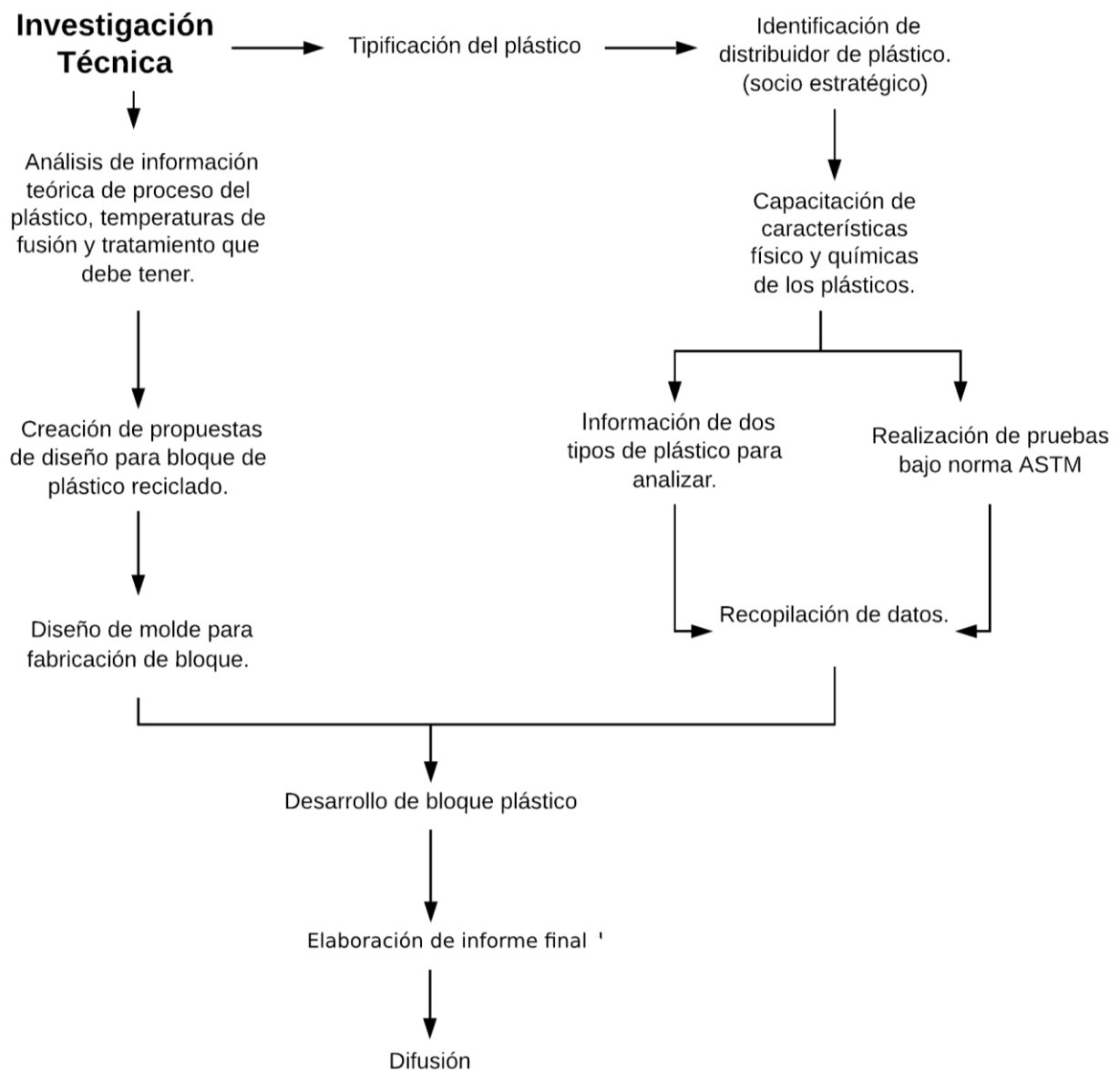
Continuando con las fases, se realizaron diferentes propuestas de diseño del bloque que se deseaba construir, teniendo en cuenta medidas de alto, ancho y espesor, formas que respondieran a diferentes criterios técnicos constructivos y que de la misma manera fueran de fácil manejo, así también que los elementos fuera de fácil ensamblaje sin necesidad de un aglutinante que los uniera, con una forma de ensamblaje tipo lego.

Teniendo el diseño del bloque se desarrolló el diseño del molde y la construcción del mismo, con apoyo de personal capacitado en el manejo y creación de moldes metálicos.

La siguiente fase consiste en la fabricación de los bloques de plástico que demostraran la factibilidad de construirse. Para este proceso se engrasan los moldes metálicos, se llenan de polietileno peletizado y se introducen al horno, luego de unas horas se saca el molde, se enfría en agua para evitar la cristalización de las partículas y se desenmolda para obtener el bloque de plástico.

Para contribuir infundiendo la cultura de reutilizar el plástico para la disminución del impacto que este tiene sobre el medio ambiente, y la importancia de innovar en el área de la construcción. Se considera que al realizar la investigación y analizar los resultados del plástico reciclado se llevara a cabo la socialización y difusión de los resultados

A continuación, se presenta un esquema básico que muestra el desarrollo metodológico de la investigación:



Esquema metodológico de la investigación desarrollada. Fuente: elaboración propia, 2018

6.1. IDENTIFICACIÓN DE SOCIO ESTRATÉGICO DISTRIBUIDOR DE PLÁSTICO

En esta fase se inició la búsqueda de posibles proveedores de plástico reciclado peletizado en El Salvador y que estuvieran en la zona Central. La búsqueda se inició con el apoyo de un documento que proporciona el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), que tiene un directorio de reciclaje donde aparecen diferentes empresas que realizan el proceso de reciclaje en todo el país; de ese listado se seleccionaron las que trabajan con plásticos que fueran polietileno o polipropileno de baja o de alta densidad. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018)

Se siguió la búsqueda y esta nos llevó a una empresa con la que se logró realizar el contacto y tenían disposición de material para la venta, por lo que encontramos **el socio estratégico que nos proveería el plástico, la empresa es MaquiPlastic S.A de C.V.** con la cual se acordó una serie de visitas para que nos brindaran su apoyo con información de los plásticos que trabajan, dicha información ayudaría a reducir la posible materia prima a utilizar.

A continuación, se muestra el proceso que la empresa *MaquiPlastic S.A de C.V* realiza al plástico dentro de la empresa desde la selección y clasificación de los plásticos hasta la realización del peletizado. (ver figura 3 a la 16).



Figura 3 y 4. El primer paso del proceso de reciclaje es la selección y clasificación de los desperdicios, lo hacen en patios y lo transportan por bandas.



Figura 5 y 6. Las bandas llevan la materia prima a maquinas trituradoras de plástico.



Figura 7 y 8. De la trituradora salen partículas no uniformes, las cuales deben ser lavadas, y para ello reutilizan en agua que se ocupan en los diferentes procesos.



Figura 9 y 10. El lavado y secado es a través de maquinaria industrial.



Figura 11 y 12. Cuando se ha secado el material, se lleva a la fase en la que se vierte en una tolva el plástico picado y luego va pasando por un tornillo sin fin en una maquina extrusora, a una alta temperatura que logra fundir el plástico.



Figura 13 y 14. Al final de la máquina extrusora hay una boquilla con orificios por donde sale el plástico en forma de filamentos, que se sumergen en una pileta de agua fría para lograr enfriarlos y solidificarlos.



Figura 15 y 16. Al enfriarse pasan por otra máquina que corta los filamentos para dejar el plástico en forma de pellet, y estos son guardados en sacos para su distribución a los diferentes compradores.

6.2. PROCESO DE DESARROLLO DE PRUEBAS BAJO NORMA ASTM

Con la finalidad de determinar las características del bloque de plástico reciclado, se tomará como referencia las especificaciones técnicas de la normativa ASTM en la fabricación de bloques de concreto hidráulico, por lo tanto, se caracteriza el material de plástico reciclado para determinar su granulometría, gravedad específica, peso volumétrico y resistencia a la compresión

GRANULOMETRIA DE AGREGADOS FINOS: ASTM C 133-14

El ensayo trata básicamente de separar una muestra de agregado seco de masa conocida, a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente menores, con el objeto de determinar los tamaños de las partículas que conforman la muestra y determinar si el agregado es continuo o discontinuo en cuanto a la distribución de las partículas.

La norma ASTM C 133-14, es para muestras de agregado finos, utilizado en mezclas de concreto hidráulico y como agregados para la construcción de bloques de concreto, el objetivo es determinar realizar el ensayo bajo las especificaciones técnicas indicadas en ASTM, y compararlas con las partículas de plástico peletizado con las especificaciones de agregados finos (arenas). Es importante señalar que el ensayo solo determinará los tamaños de partículas, no determinará la calidad del plástico.

Para su realización, primero se toma una cantidad representativa de muestra, se seca, se disgrega y se pesa el conjunto, luego se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna, (tamizar el material secado al horno por las mallas No. 10, 40, 100 y 200.). En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original (suelo o sedimento mezclado) y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina especial. Luego de algunos minutos, se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices (Conservación de la Masa). (Figura 17 a la 20)



Figura 17. Cuarteo de material a analizar.



Figura 18. Colocación de material en tamices.



Figura 19. La muestra se coloca en el tamizador por un tiempo determinado en la norma.



Figura 20. Material retenido en las diferentes mallas.

Tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la curva granulométrica, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido. La curva granulométrica permite

visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano (diámetros) de las partículas.

Desde el punto de vista de la Sedimentología, un material heterogéneo se considera mal escogido o seleccionado, mientras que un material homogéneo se considera bien escogido. El grado de selección se expresa con el término escogimiento o sorting.

Desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos, un material heterogéneo se considera bien gradado si sus propiedades mecánicas ofrecen mayor calidad, y un material homogéneo se considera mal gradado, si sus propiedades mecánicas son deficientes.

Cálculos

1. El peso inicial seco total de la muestra ensayada, se calcula conociendo los siguientes datos:

$$PIS = \frac{PIH}{1 + (\%W / 100)}$$

Dónde:

PIS = Peso de la muestra seca

PIH = Peso de la muestra inicial húmeda

%w = Contenido de humedad del suelo fino, obtenido inicialmente.

2. Para determinar el porcentaje retenido parcial, se divide el peso retenido en cada malla con el peso seco inicial total (se hace hasta la malla No. 4), y se multiplica por 100.
3. Para obtener los porcentajes retenidos acumulados se suman acumulativamente cada uno de los porcentajes retenidos parciales y el resultado final será igual al 100%.
4. La obtención de los porcentajes que pasan las mallas se obtienen de restar de 100 a cada uno de los porcentajes retenidos acumulados.

Resultado de la granulometría del Polietileno:

De acuerdo a los resultados obtenidos con el ensayo de granulometría, según norma ASTM C 136 -14, utilizando una muestra representativa de material polietileno, se determina que los tamaños de las partículas que conforman el material en análisis tiene un 98% que oscilan en un tamaño entre 2.38 mm hasta 4.76 mm, que se presenta en la figura 21. Por lo que el material es cortado uniformemente en todo el proceso de fabricación del pellet.

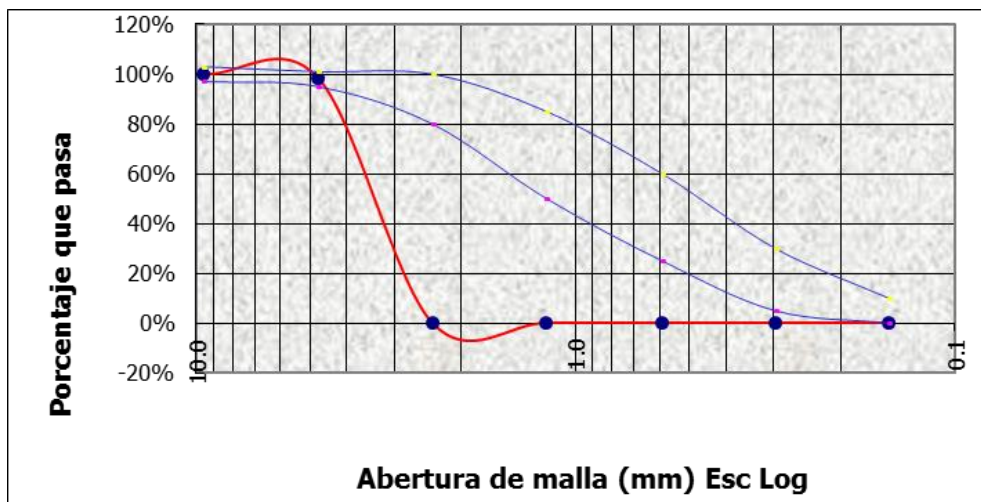


Figura 21. Resultado de granulometría realizada al plástico de polietileno peletizado.

Fuente: elaboración propia, agosto 2018

De acuerdo a la gráfica anterior, se puede observar el material peletizado es de un tamaño uniforme y la línea roja que es resultado del tamizado, se encuentra afuera de los límites azules (dos líneas), una superior y otra inferior, que son parámetros usados en análisis de agregados finos, según norma ASTM C 136-14, por lo que solo se muestran como referencias para comparar con la gráfica típica de un material bien graduado versus la uniformidad del tamaño de la muestra (línea roja).

6.3. PRUEBAS DE PESO VOLUMÉTRICO: ASTM C 29-17

El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en Kg/m^3 . Hay dos valores para esta relación dependiendo del sistema de acomodo que se haya dado al material inmediatamente después de la prueba, la denominación que se le da a cada uno de ellos es peso volumétrico suelto y peso volumétrico compactado, el uso de uno y otro dependen de las condiciones de manejo a que estén sujetos los materiales.

Procedimiento de peso volumétrico (Figura 23 a la 26)

- Pesar el recipiente seco y limpio.
- Llenar el recipiente hasta que rebalse utilizando un cucharón adecuado, descargar o dejando caer el material a una altura que no exceda de 2" (50 mm) del borde superior del recipiente.
- Dejar caer el agregado uniformemente girando el cucharón para evitar la segregación.
- Nivelar la superficie con los dedos o una regla, de tal forma que las salientes partículas mayores del agregado grueso que sobresalgan del nivel de la parte superior del recipiente, compensen las depresiones situadas por debajo del él.
- Concluido lo anterior, pesar el recipiente más agregado con una aproximación de 0.1 lb (0.05 kg).

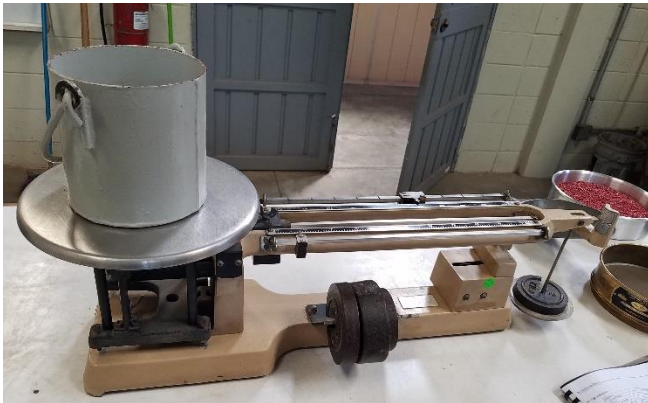


Figura 22. pesando molde a utilizar para prueba



Figura 23. Colocación de material plástico al molde.



Figura 24. Al finalizar el llenado del molde se nivela la superficie del molde.



Figura 25. Luego se vuelve a pesar el molde más el material dentro.

Calcular los pesos volumétricos varillado, por impacto y suelto por las siguientes formulas:

$$PV = \frac{(G - T)}{V}$$

$$PV = (G - T) \times F$$

Dónde:

PV = Peso volumétrico del agregado, lb/ft³ (kg/m³)

G = Peso del agregado más recipiente, lb (kg)

Resultados de peso volumétrico polietileno:

El peso volumétrico del pellet, según procedimientos dados por la norma ASTM C29-17, es de 577 kg/m³, siendo una densidad bastante baja, aunque es importante detallar que el peso volumétrico contempla los espacios vacíos generados por contener partículas del mismo tamaño, demostrado en el ensayo de granulometría.

6.4. PRUEBAS DE GRAVEDAD ESPECIFICA: ASTM C128-04

El objetivo de esta experiencia es determinar el peso específico absoluto, de cualquier material compuesto por partículas pequeñas cuya gravedad específica sea mayor que 1, por medio de un picnómetro. La gravedad específica de un suelo se toma como el valor promedio para granos del suelo.

Procedimiento:

- Pesarse un picnómetro limpio y seco, con marca de aforo y curva de calibración ya elaborada. Anotar MP (masa picnómetro).
- Tomar la temperatura en °C.
- Calcular la masa del picnómetro y agua a temperatura de ensayo, Mpwt utilizando la ecuación.
- Pesarse una muestra de material secada al horno, a temperatura 110 ± 5°C, MS y agregar la muestra al picnómetro.
- Agregar agua hasta que el nivel del agua esté entre 1/3 y 1/2 de la profundidad del cuerpo principal del picnómetro. Agitar el agua hasta que se forme la suspensión. Enjuagar cualquier suciedad adherida al picnómetro en la lechada.
- Llevar el conjunto (picnómetro + material + agua) al baño María o la bomba de vacío para desairarlo.
- Una vez logrado lo anterior se deja reposar y enfriar el conjunto hasta que alcance la temperatura del ambiente, se completa hasta la marca de aforo con agua desairada, tomando inmediatamente

la temperatura del conjunto anotando su masa como: Mpws (masa picnómetro + agua + material).



Figura 26. Se pesa el picnómetro seco y vacío.



Figura 27. Luego se agrega agua y material al picnómetro.



Figura 28. Se procede a desairar el picnómetro.



Figura 29. posteriormente se vuelve a pesar el picnómetro con el agua y el material e su interior.

Cálculos:

Calcular la masa del picnómetro y agua a la temperatura del ensayo:

$$M_{(pw,t)} = M_P + (V_P \cdot \rho_{(w,t)})$$

donde:

$M_{pw, t}$ = masa del picnómetro y agua a la temperatura del ensayo, g,

M_P = la masa promedio calibrada del picnómetro seco, g,

V_P = volumen promedio calibrado del picnómetro, mL,

$\rho_{w, t}$ = densidad del agua a temperatura del ensayo, g/mL, ver tabla 2

Calcular la gravedad específica de suelos sólidos a la temperatura del ensayo, G_t como sigue a continuación:

$$G_t = \frac{M_s}{(M_{(pw,t)} - (M_{(pws,t)} - M_s))}$$

Donde:

G_t = gravedad específica de suelos sólidos

M_S = masa del material sólido secada al horno, g,

$M_{pws, t}$ = masa del picnómetro, agua y material a la temperatura del ensayo, g.

Resultados de gravedad específica polietileno:

Usando como base los procedimientos según norma ASTM C128-04, se determinó la gravedad específica del material de plástico polietileno, con un resultado de 0.89 g/cm³, por lo que su densidad se puede determinar como inferior a la densidad promedio del agua potable; que es de 1.00 g/cm³.

6.5. MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS ASTM C 39 - 05

La resistencia a la compresión se mide comprimiendo probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en megapascales (MPa) en unidades SI.

El objetivo principal del ensayo consiste en determinar la máxima resistencia a la compresión de un cilindro de muestra frente a una carga aplicada axialmente.

El ensayo más universalmente reconocido para ejecutar pruebas de resistencia mecánica a la compresión simple es el ensayo de probetas cilíndricas, las cuales se funden en moldes especiales de acero o hierro fundido que tienen 150 mm de diámetro por 300mm de altura (relación diámetro: altura 1:2).

Procedimiento

- Limpiar las superficies de las placas superior o inferior y las cabezas de los especímenes de prueba.
- Colocar el cilindro sobre la placa inferior alineando su eje cuidadosamente con el centro de la placa de carga con asiento esférico.
- Activar la maquina hasta que el cilindro tenga un contacto suave y uniforme
- Aplicar la carga con una velocidad uniforme y continua, sin producir impacto, ni perdida de carga. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 137 a 374 kps/seg (84 a 210 kg/cm²). Se permite una velocidad mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima esperada siempre y cuando durante la segunda mitad se mantenga la velocidad especificada

Resultados compresión a cilindros de plástico reciclado de polietileno

Se realizaron pruebas de compresión a cilindros elaborados de polietileno, debido a que era el material que tenía un punto de fusión más bajo, eso minimiza los costes de energía, y con las muestras calentadas anteriormente se constató que se podría tener una alta resistencia, por lo que se procedió a fundir la muestra dentro de un molde metálico, obteniendo un cilindro, al cual se le calculo su volumen, peso volumétrico y resistencia a la compresión, resultados que se presentan a continuación:

Muestra No.	Altura	Diámetro	Masa	Área	Volumen	Edad	Peso Vol.	Lectura	Carga	Esfuerzo
	(cm)	(cm ²)	(g)	(cm ²)	(cm ³)	(días)	(kg/m ³)	Carga kN	kg	Kg/cm ²
1	18.10	9.70	1226.50	73.90	1337.59	7	916.90	270.00	27551.0	372.82
2	18.2	9.90	1227.00	76.98	1401.04	7	875.80	241.00	24591.8	319.46

Tabla No. 2. resistencia a la compresión de cilindros de plástico de polietileno. Fuente: elaboración propia, 2018.

Las resistencias a la compresión de los cilindros de polietileno han sido de **319 kg/cm²** y **372 kg/cm²**, que superan la resistencia típica utilizada en concretos reforzados estructurales que es de 210 kg/cm².



Figura 30. Molde utilizado para fundir el plástico.



Figura 31. El molde se rellena con el material a fundir en el horno para unificarlo en el cilindro.



Figura 32. Moldes en horno de fundición.



Figura 33. Plástico fundido dentro del molde.



Figura 34. Cilindros de plástico reciclado fundido.



Figura 35. Medición de cilindros de plástico reciclado.



Figura 36. La probeta obtenida de plástico, se coloca en la máquina de compresión para aplicarle la carga con una carga y velocidad continua.



Figura 37. La máquina de compresión registra la carga aplicada la probeta, en el caso del plástico polietileno, la probeta no sufrió rupturas, solo una deformación en vertical y horizontal.

6.6. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIOS

Se presenta una tabla resumen de las características físico mecánicas del material de plástico peletizado, su granulometría, peso volumétrico, gravedad específica, y resistencia a la compresión.

Ensayo	Resultados	Descripción
Granulometría	2.38 mm hasta 4.76 mm	Se determina que los tamaños de las partículas que conforman el material en análisis tienen un 98% de uniformidad, entre 2.38mm y 4.76mm. Y aunque sea un material uniforme esto sólo determina una característica de la materia prima peletizada, no es un parámetro para determinar la calidad del mismo
Peso volumétrico suelto	577 kg/m ³	Tiene una densidad bastante baja, aunque es importante detallar que el peso volumétrico contempla los espacios vacíos generados por contener partículas del mismo tamaño.
Gravedad específica	0.89 g/cm ³	La densidad es menor a la densidad promedio del agua potable; que es de 1 g/cm ³ .
Peso volumétrico consolidado	935 kg/m ³	Se encuentra abajo del peso volumétrico de un bloque de concreto convencional que es de 1,800 kg/m ³ , o el de las arenas que es de 1,400 kg/m ³ .
Resistencia a la compresión de un cilindro de polipropileno, promedio (edad de 7 días)	345 kg/cm ²	Superan la resistencia típica utilizada en concretos reforzados estructurales que es de 210 kg/cm ² .
Resistencia a la compresión de bloque de plástico reciclado.¹	134 kg/cm ²	Iguala la resistencia mínima requerida por la norma ASTM C-90, que es de 133 kg/cm ²

Tabla No. 3. Cuadro resumen de resultados de pruebas de laboratorio. Fuente: elaboración propia, 2018

¹ Debido a la dificultad de la realización de los moldes metálicos para la fabricación de bloques plásticos, solo se ensayó un bloque, el cual se cortó para tener un rectángulo y este quedo de 10 cm de alto por 40 cm de largo.

DATOS COMPARATIVOS

Para la investigación se tomaron algunos datos técnicos que servirían de parámetros comparativos del bloque convencional versus el de plástico de polietileno reciclado, a continuación, se muestran tablas y gráficos de comparativos que se realizaron en el trabajo de graduación de Arias, Fuentes & Granados, 2013², en el cual se realizó una investigación de bloques de concreto de diferentes fábricas de la zona oriental del país y se ensayaron para determinar sus propiedades y características, a continuación sus resultados comparando al del bloque de plástico.

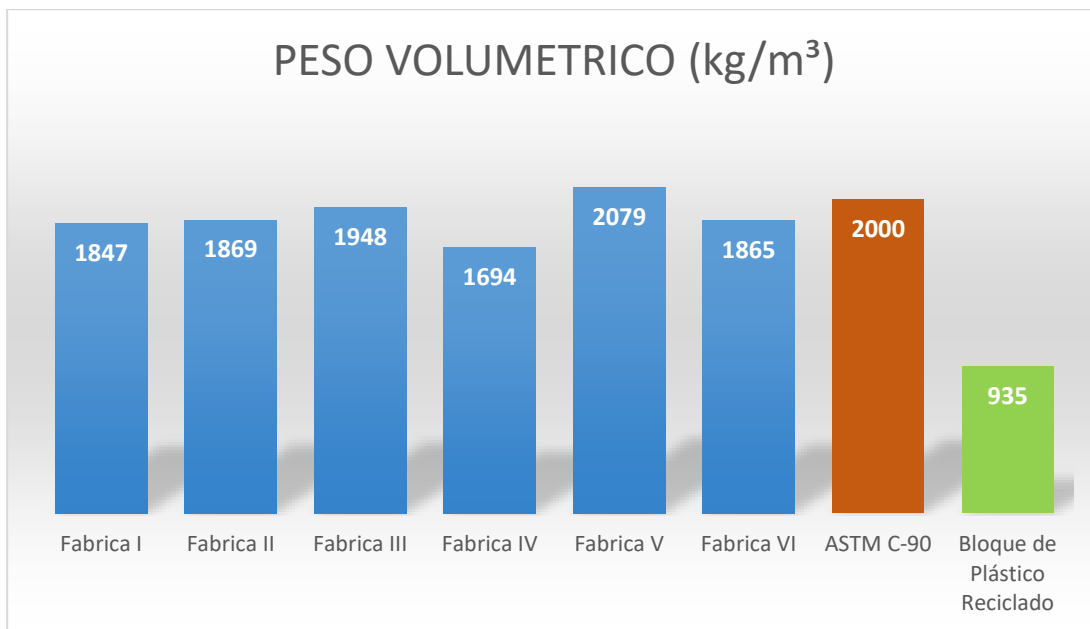
Peso Volumétrico

La relación masa sobre volumen de los bloques se expresa en kg/m^3 , a continuación, se presenta un comparativo de los pesos volumétricos de los bloques de concreto hidráulico versus el resultado del bloque de plástico reciclado:

DENSIDAD (PESO VOLUMETRICO)	
FABRICA	PESO VOLUMETRICO (kg/m^3)
Fabrica I	1847
Fabrica II	1869
Fabrica III	1948
Fabrica IV	1694
Fabrica V	2079
Fabrica VI	1865
ASTM C-90	2000
Bloque de Plástico Reciclado	935

Tabla No.4. Comparativo de la densidad del bloque de concreto versus el de plástico. Fuente: (Arias, Jafté, & Vicente, 2013)

² Arias, A., Fuentes, J., y Granados, V., (2013). *Control de calidad de las propiedades de resistencia a la compresión, absorción y peso volumétrico para las unidades de carga de mampostería, fabricados mediante procesos manuales y semi- industriales utilizando agregados de las canteras de Aramuaca y Ereaguayquín de la zona oriental de el salvador* (trabajo de graduación de grado). Universidad de El Salvador.



Grafica No.1. Comparativo de la densidad del bloque de concreto versus el de plástico. Fuente: elaboración propia, 2018

En la gráfica de barras se observa un menor peso volumétrico del bloque de plástico reciclado (color verde), menos del 50% de la masa por unidad de volumen que tiene un bloque convencional de concreto hidráulico.

Resistencia a la Compresión

La relación fuerza sobre área de los bloques se expresa en kg/cm^2 , a continuación se presenta un comparativo de la resistencia a la compresión de los bloques de concreto hidráulico versus el resultado del bloque de plástico reciclado:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
FABRICA	Resistencia a la compresión (kg/cm^2)
Fabrica I	57
Fabrica II	50
Fabrica III	82
Fabrica IV	79
Fabrica V	110
Fabrica VI	78
ASTM C-90	133
Bloque de Plástico Reciclado	134

Tabla No.5. Comparativo de la resistencia a la compresión del bloque de concreto versus el de plástico. Fuente: (Arias, Jafté, & Vicente, 2013)

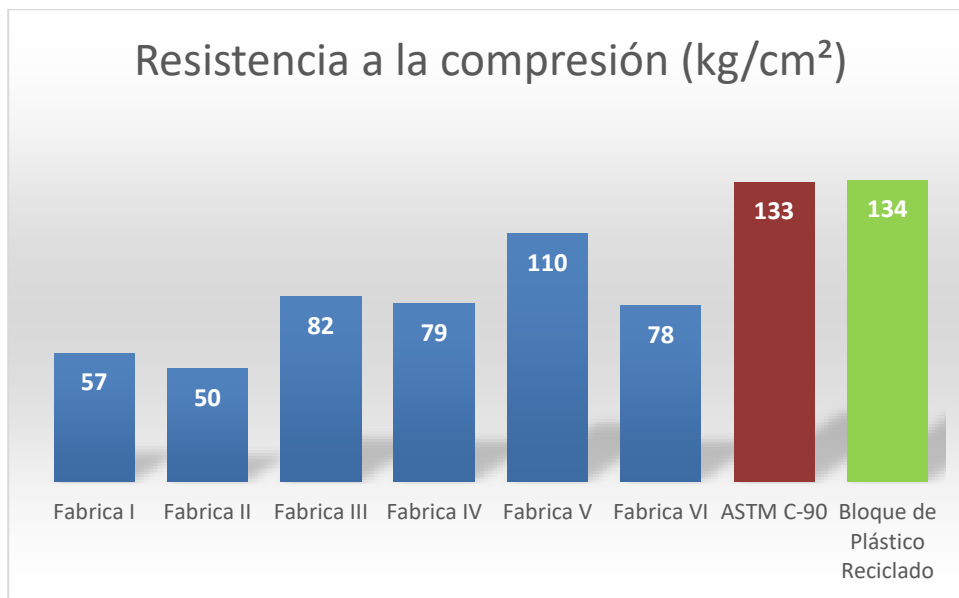


Grafico No.2. Comparativo de la resistencia a la compresión del bloque de concreto versus el de plástico.
Fuente: elaboración propia, 2018

En la gráfica se observa la resistencia del bloque de plástico reciclado (color verde), que es igual a la exigida por la norma ASTM C 90-16, por lo que se puede concluir que la resistencia cumple con el mínimo requerido.

7. RESULTADOS

7.1. PROPUESTA DE PROTOTIPO DE BLOQUE DE PLÁSTICO

Al contar con los resultados de las pruebas de laboratorio y con la identificación del tipo de plástico a utilizar según las características físico químicas, se procedió a realizar diferentes propuestas de diseño para el bloque de plástico.

Las propuestas de diseño del bloque de plástico se realizaron utilizando el programa de AutoCAD, esta es una de las aplicaciones de modelado 3D más versátiles y ampliamente utilizadas por los diseñadores y arquitectos.

Las propuestas variaban en tamaño, forma, uniones, ensambles, características necesarias dentro del área de construcción y parámetros de diseño de materiales. Luego de realizar las propuestas se analizaron y estudiaron sus ventajas y desventajas, seleccionando de esta manera el diseño que abarca parámetros requeridos para utilizar en construcción.

Descripción de propuesta de prototipo de bloque de plástico.

El bloque diseñado tiene medidas generales de 0.10m x 0.20m x 0.40m, las medidas en orden son: espesor, alto y largo, estas medidas son similares a las medidas de un bloque de concreto convencional, dado que las dimensiones ayudan a cubrir una mayor área con menor cantidad de material; además cuenta con 2

agujeros en la parte de en medio de todo el bloque distribuidos de manera uniforme y equilibrada, estos agujeros servirán para la colocación de elementos de acero verticales utilizados en paredes, de igual manera pueden ser utilizados para la colocación de tuberías de instalaciones eléctricas e hidráulicas; la forma del bloque simula una “L”.

Son dos bloques que se complementan entre sí para formar un rectángulo, cada bloque tiene un elemento que sirve para unirlos, uno tiene un saliente macho y el otro una entrada hembra que hacen que funciona para el ensamblaje entre ellos, por este tipo de ensamble que tiene entre ellos los ladrillos no se necesitaría de un aglutinante (pegamento), para poder construir una pared. (ver imagen 6.10 a la 6.13).

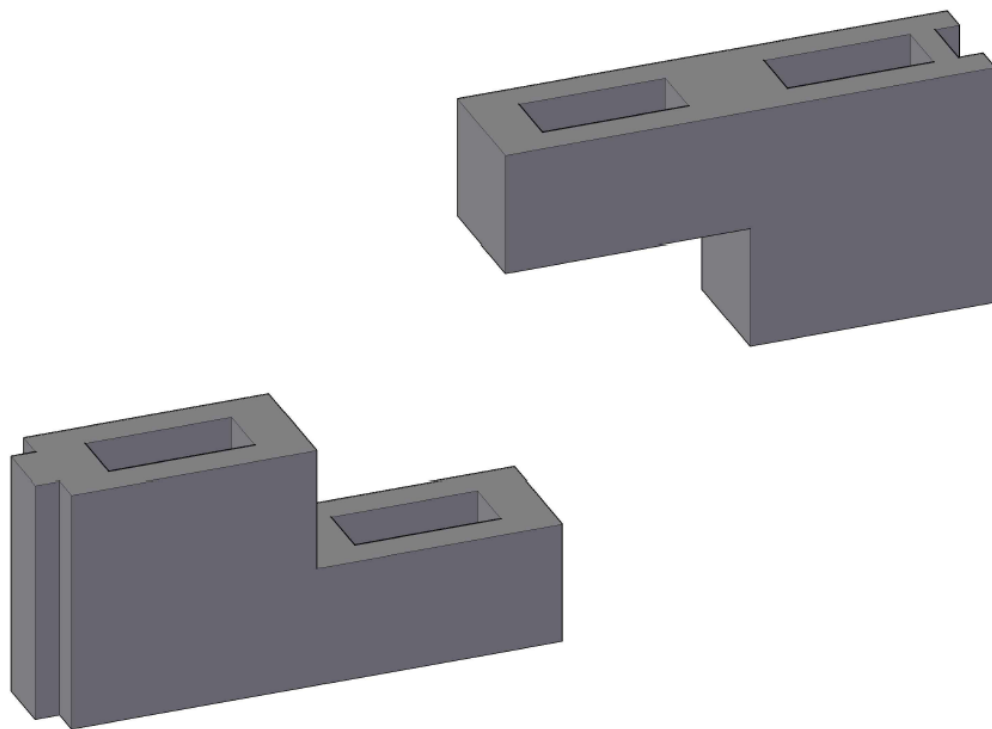


Figura 38. Modelado en 3D de la propuesta de bloque de plástico. Fuente: diseño propio, 2018

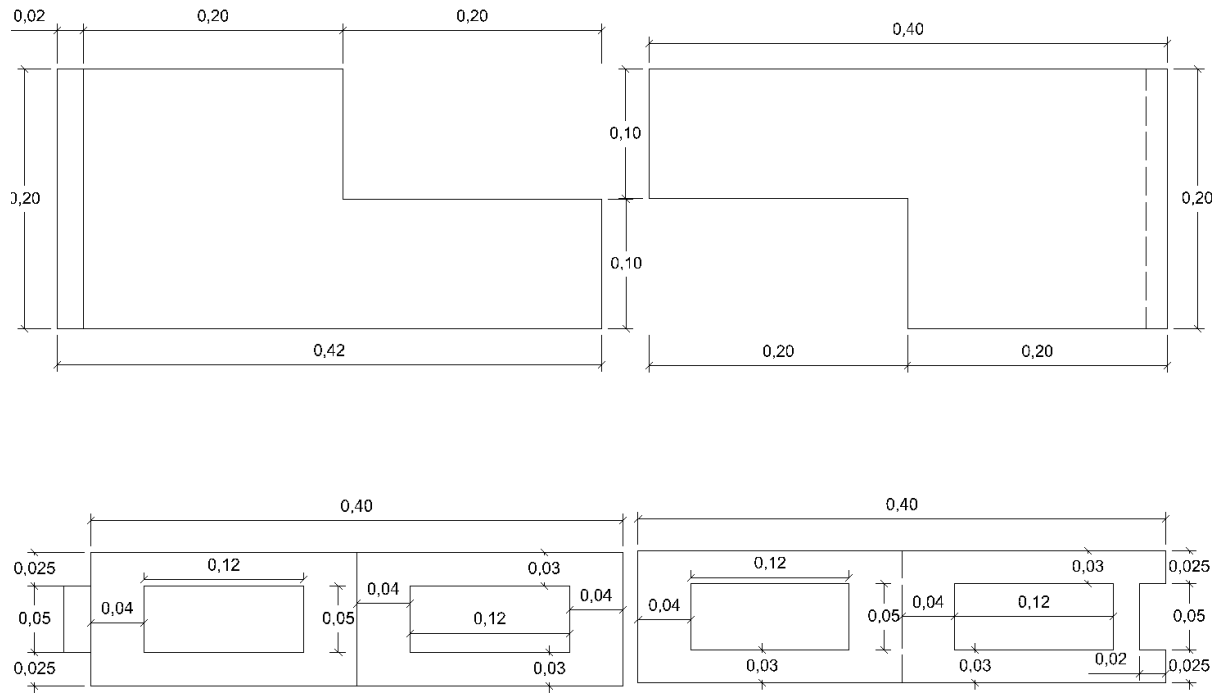


Figura 39. Vistas en 2D de propuesta de bloque de plástico. Fuente: diseño propio, 2018

7.2. DISEÑO DE MOLDE METÁLICO

Después de tener la propuesta de diseño del bloque de plástico y las medidas correspondientes a los detalles del mismo, se prosiguió con el diseño del molde metálico en el cual se introduciría el plástico en pellets para ser fundidos y lograr consolidar las partículas. El diseño del molde fue creado en tres (3) partes que se desensamblan, la primera parte es la base, en esta se encuentran los elementos que harán los huecos del bloque, estos elementos tienen una forma rectangular base, pero con una pendiente mínima de 2° , esta pendiente ayuda al momento de sacar el bloque del molde por la presión que hace el plástico en este punto; la segunda es un lateral que tiene una tapa para la parte inferior del bloque, esto para evitar el rebalse que tendría, y la última parte es el otro lateral, que además tiene el saliente o la entrada para el ensamble entre ellos. Para realizar una visualización del molde antes de construirlo se utilizaron los software de Sketchup y kerkythea. (ver figura 40 a 41).



Figura 40. Modelo 3D de molde metálico para fundir plástico.

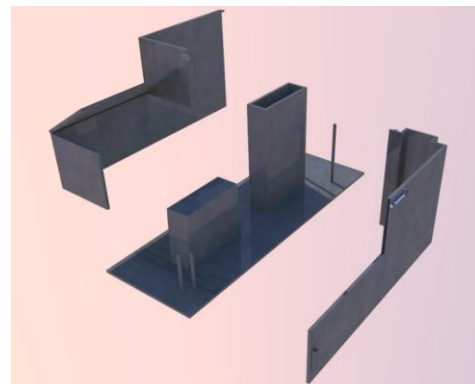


Figura 41. Se muestra las 3 partes desensambladas del molde.

7.3. FABRICACIÓN DE MOLDE METÁLICO

Siguiendo el proceso, se inició la fabricación de los moldes metálicos, respetando las medidas de la propuesta de diseño del bloque.

		
<p>Trazo de piezas</p>	<p>Corte de piezas en lamina</p>	<p>Soldadura de piezas</p>
		
<p>Piezas laterales soldadas</p>	<p>Base de molde</p>	<p>Molde armado</p>
		
<p>Piezas de ambos moldes</p>	<p>Moldes para dos bloques</p>	

7.4. PROCESO DE MOLDEO DE BLOQUE

Como parte del desarrollo de la investigación, se procedió con la fabricación de los bloques de plástico de Polietileno, en esta fase se realizaron diferentes pasos con los moldes creados, hasta obtener el bloque de plástico. Dicho proceso se presentará a continuación:

Engrasado de molde

1. A cada cara del molde se le aplica grasa para evitar que el plástico se adhiera a las caras, y que sea menos complicado el proceso de extracción del sólido.



Llenado de molde

1. El molde es llenado con las partículas de plástico peletizado de polietileno, el molde se golpea para que las partículas se asienten.
2. Para llenar cada molde se necesitan 9 Lb. de plástico peletizado.



Fundición de plástico en horno

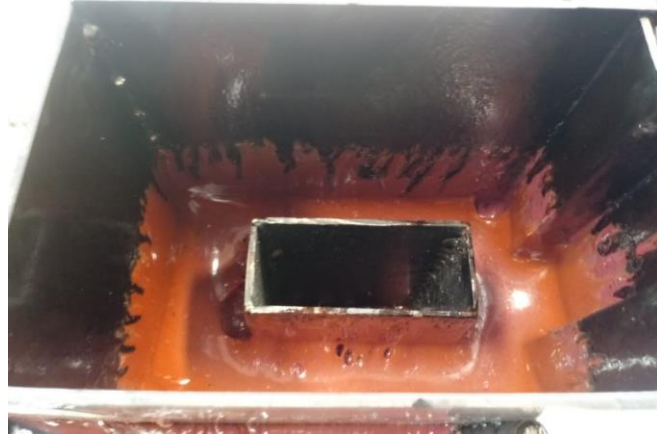


1. Aquí es donde se introduce el molde lleno de plástico peletizado al horno. El plástico debe alcanzar una temperatura de 180°, para transformarse de sólido a líquido.



Plástico fundido

1. El plástico debe permanecer en el horno a temperatura constante por aproximadamente 5 horas. En este tiempo el material pasará de un estado sólido, por una transición cristalina, a un estado pegajoso, donde sus partículas han tomado una nueva forma unificándose.



Enfriamiento del plástico y molde

1. Al sacar del horno el molde con el plástico fundido, debe pasar por un proceso de enfriamiento que debe ser acelerado, en este caso a través de agua a temperatura ambiente (25°C aproximadamente). Este proceso se realiza para acelerar el enfriamiento del plástico lo que causa una baja cristalización de las partículas que forman el polietileno, y así evitar grietas, fracturas o deformaciones en el material.





Obtención del bloque de plástico

1. Al enfriar el bloque se procede a desarmar el molde metálico, separando cada una de las piezas que lo componen. Y así finalmente obtener el bloque plástico.



7.5. APLICACIÓN DEL BLOQUE PLÁSTICO

El bloque de plástico reciclado creado en base al proceso descrito anteriormente. Se presenta como una propuesta de material a utilizar en la construcción de viviendas de interés social, por las propiedades que presenta el polietileno que es la materia prima para la fabricación del bloque, lo que lo vuelve un material resistente, duradero y ecológico.

Con todo lo anterior como parte de la innovación dentro del área de Arquitectura, este material puede ser versátil al momento de construir, no requiere de mano de obra calificada o de conocimiento de construcción, debido a que no utiliza mezcla de aglutinante (mortero), en su forma de ensamble.

En un futuro este material de construcción puede ser propuesto por los arquitectos en sus diseños de viviendas, para que sea considerado por los constructores; y de esta manera poder ir haciendo un cambio de pensamiento en el área de la construcción en lo concerniente a utilizar materiales que provienen de un proceso de reciclaje y en este caso de un plástico reciclado.

En la construcción de paredes puede ser utilizado para formar paredes lineales (ver figura 44), o paredes esquineras o de unión tipo L (ver figura 43), en ambas opciones que se presentan de modelos de construcción, se observa cómo quedarían los bloques colocados y entrelazados, la forma de la sisa es similar al efecto cuatrapeado de las paredes convencionales y al mismo tiempo sería un acabado arquitectónico que ofrece el mismo bloque.

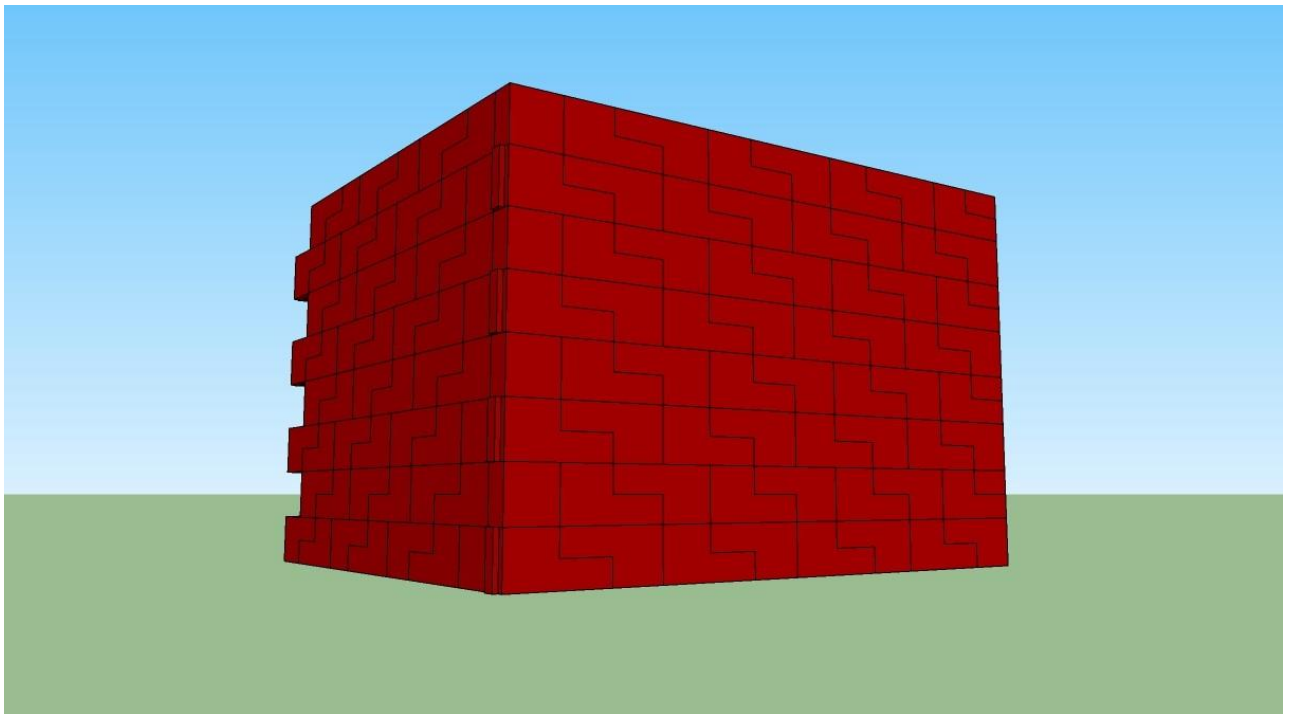


Figura 42. Modelo 3D de pared de bloque plástico en unión tipo L. Fuente: creación propia, 2018

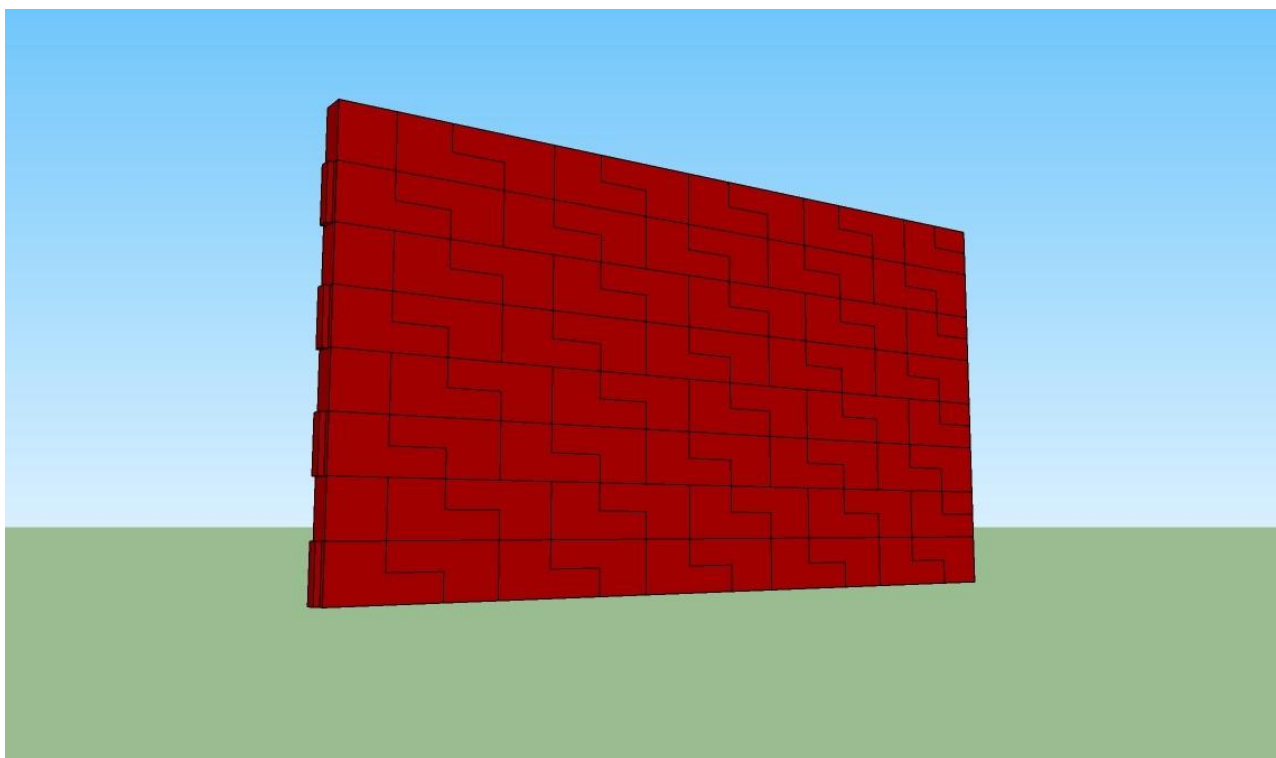


Figura 43. Modelo 3D de pared lineal, de bloque plástico. Fuente: creación propia, 2018

7.6. DIFICULTADES ENCONTRADAS EN LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE PLÁSTICO RECICLADO

A continuación se describen algunas dificultades que se dieron en el desarrollo de la investigación:

1. Poder identificar la empresa que suministrara el tipo de plástico reciclado que se utilizaría (polietileno).
2. La falta de maquinaria y equipo adecuado para cortar y soldar el metal para formar los moldes, de tal manera que la soldadura sea uniforme y no interfiera al momento de extraer el bloque de plástico.
3. El tipo de lámina con la que se contaba para fabricar los moldes, no es la más recomendada, debido al espesor que era muy delgada y al calentamiento que era sometida (180 °C), lo cual producía cierta deformación en las láminas y deformaba el bloque de plástico, así también no se tenía la cara interna pulida del molde metálico.
4. Debido a que las uniones de las aristas de los moldes no cerraban con exactitud, al momento de fundirse el plástico se generaba fugas lo cual afectaba la formación del bloque, y el plástico derramado se adhería al molde metálico, dificultando la extracción del bloque plástico.
5. Para la fabricación del bloque, el molde no permitió obtener bloques sin deformaciones, debió a que el metal se deformaba con la temperatura (180°C) y esta deformación la replicaba el plástico; evitando así poder realizar las uniones entre bloques.

7.7. ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Con base en los resultados se considera lo siguiente:

A. Peso volumétrico

El peso volumétrico de los bloques de plástico reciclado es ligero, ya que presento un promedio de 935 kg/m³, esto contra el bloque de concreto hidráulico convencional que es de 1,800 kg/m³, esto es de gran importancia debido a que esto disminuye la carga muerta de las construcciones; así también en un material más factible para su traslado, e incluso tendría menos consecuencias de riesgo ante un terremoto.

B. Resistencia a la compresión

Los datos derivados de la prueba de resistencia a la compresión del bloque plástico, manifiestan que el bloque tiene un poco más (134 kg/cm²) de la resistencia mínima requerida por la norma ASTM C-90 para bloques de concreto hidráulico, que es de 133 kg/cm², esto sería de beneficio ya que tendríamos paredes que soporten mayor carga pero que al mismo tiempo sean livianas.

C. Uso de plástico reciclado

Es necesario la utilización de 9 libras de plástico para la construcción de un bloque, lo anterior es de gran beneficio para minimizar el impacto al medio ambiente. Si analizamos cuanto plástico se utilizaría en cada metro cuadrado de construcción se obtiene que en 1 m² de pared se necesitan 16 bloques, eso serian 166 lb. de polietileno en pellets.

8. CONCLUSIONES

Finalizado el trabajo de investigación, se ha llegado a la conclusión que este proyecto beneficia al área de construcción de viviendas de interés social en base a los planteamientos establecidos en la hipótesis según se indican a continuación:

1. Se identificó el tipo de plástico reciclado a utilizar para crear el bloque, basándose en las características físicas y químicas, las cuales serán de beneficio en una construcción.
2. Se realizaron pruebas comparativas de laboratorio de control de calidad de materiales bajo normas ASTM al plástico (polietileno), para realizar comparativas de los materiales utilizados para fabricar bloques de concreto hidráulico versus un bloque de plástico reciclado de polietileno, y como resultado se obtuvo que el bloque de plástico posee un peso volumétrico menor a la mitad de un bloque de concreto hidráulico convencional. Un peso volumétrico de 935 kg/m³; para el bloque de polietileno, siendo el requisito mínimo de un bloque de concreto hidráulico de 2,000 kg/m³, según norma ASTM C90. Una resistencia de 134 kg/cm²; para el bloque de polietileno, y según norma ASTM C90, debe cumplir un mínimo de 133 kg/cm².
3. El resultado obtenido del ensayo de compresión que se realizó a un bloque plástico cumple con lo indicado en las especificaciones técnicas dadas por la normativa ASTM C 139-14.

4. Se encontró la temperatura idónea a 180°C, en la cual el polietileno cambia de un estado sólido a cristalino y después pegajoso, con esto se pudo determinar el tiempo en que el plástico iba a formar el bloque que fue de 5 horas.
5. Se creó el diseño del bloque de plástico y el molde para poder fabricarlo, utilizando criterios de diseño arquitectónico y constructivos, obteniendo un bloque versátil que puede ser utilizado en construcción sin tener conocimientos en esta área.
6. Finalmente se concluye que el plástico del tipo polietileno, puede ser reutilizado dentro del sector de la construcción, debido que cumple con la resistencia solicitada por la norma ASTM para crear elementos constructivos y arquitectónicos.
7. Basándose en los resultados de la investigación realizada es factible fabricar el bloque de plástico reciclado de polietileno.
8. No fue posible la construcción de un tramo de pared, debido a la dificultad para obtener el bloque de polietileno, por el espesor del metal con el que se fabricó los moldes a utilizar.

9. RECOMENDACIONES

Finalizada la investigación, se tienen las siguientes propuestas y recomendaciones que ayudaran al mejor aprovechamiento de la investigación:

- a. Se determinó que para fabricar un bloque por fundición a través de un horno eléctrico se necesita de un plástico que las partículas se unifiquen a una temperatura no muy elevada.
- b. Se requiere de materiales, equipo y herramientas específicos para la fabricación del molde a utilizar para crear el bloque de plástico.
- c. Para la fabricación del bloque de plástico de una manera más eficiente, es conveniente contar con una máquina de inyección.
- d. Se propone que el molde para crear los bloques sea de un metal específico para realizar moldes para plástico (aluminio u otro similar), el espesor de esta lamina sea como mínimo de 1/4", las caras internas del molde sean pulidas y la soldadura sea continua en las uniones de las piezas.
- e. Se recomienda seguir investigando acerca del comportamiento del plástico con aditivos para mejorar sus propiedades y que pueda ser utilizado en otras áreas de la arquitectura y construcción.
- f. Con base a los resultados obtenidos se recomienda construir bloques de plástico reciclado con equipo industrializado para la construcción de viviendas, debido a los resultados obtenidos en cuanto a su peso ligero y a la capacidad de carga a la compresión.

10. GLOSARIO

Cambio Climático

Definimos cambio climático como la modificación del clima que ha tenido lugar respecto de su historial a escala regional y global. En general, se trata de cambios de orden natural, pero actualmente, se los encuentra asociados con el impacto humano sobre el planeta. Se trata de un fenómeno complejo con numerosas variables.

Compresión

un proceso físico o mecánico que consiste en someter a un cuerpo a la acción de dos fuerzas opuestas para que disminuya su volumen. Se conoce como esfuerzo de compresión al resultado de estas tensiones.

Mortero

Los morteros son mezclas plásticas aglomerantes, que resultan de la combinación de arena y agua con un cementante que puede ser cemento, cal, yeso, o una mezcla de estos materiales.

Polietileno

El Polietileno es un polímero termoplástico con una estructura cristalina variable y un rango extremadamente grande de aplicaciones dependiendo del tipo particular. Es uno de los plásticos más ampliamente producidos en el mundo.

Polímero

Los polímeros se definen como macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (monómeros) que se repiten a lo largo de toda una cadena.

Peletizado

Es un proceso que consiste en la elaboración de material reciclado, en forma de gránulos. Se emplean máquinas y equipos complementarios que contribuyen al proceso.

Reciclaje

El reciclaje consiste en obtener una nueva materia prima o producto, mediante un proceso fisicoquímico o mecánico, a partir de productos y materiales ya en desuso o utilizados. De esta forma, conseguimos alargar el ciclo de vida de un producto, ahorrando materiales y beneficiando al medio ambiente al generar menos residuos. El reciclaje surge no sólo para eliminar residuos, sino para hacer frente al agotamiento de los recursos naturales del planeta.

Renderizado

Render en inglés, es un término usado en computación para referirse al proceso de generar una imagen foto realista desde un modelo 3D.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, A., Jafté, F., & Vicente, G. (diciembre de 2013). Control de calidad de las propiedades de resistencia a la compresión, absorción y peso volumétrico para las unidades de carga de mampostería fabricados mediante procesos manuales y semi-industriales utilizando agregados de las canteras de Aramuaca... San Salvador, El Salvador.

García, S. (2009). Referencias históricas y evolución de los plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 71-79.

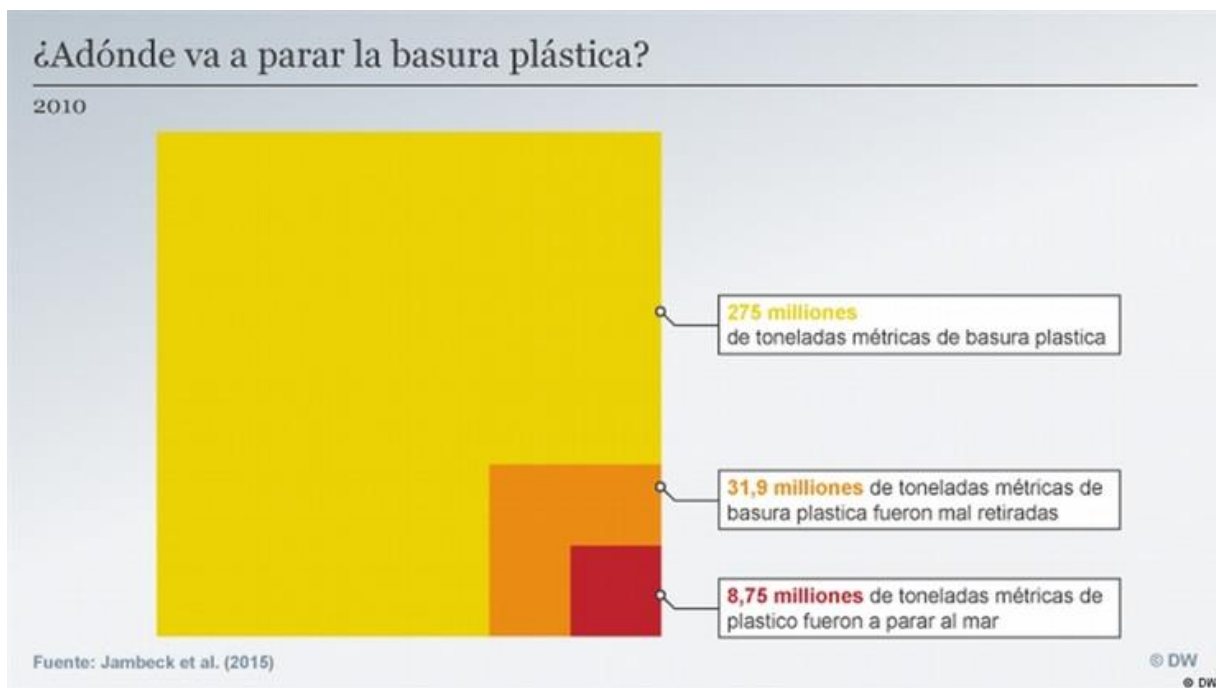
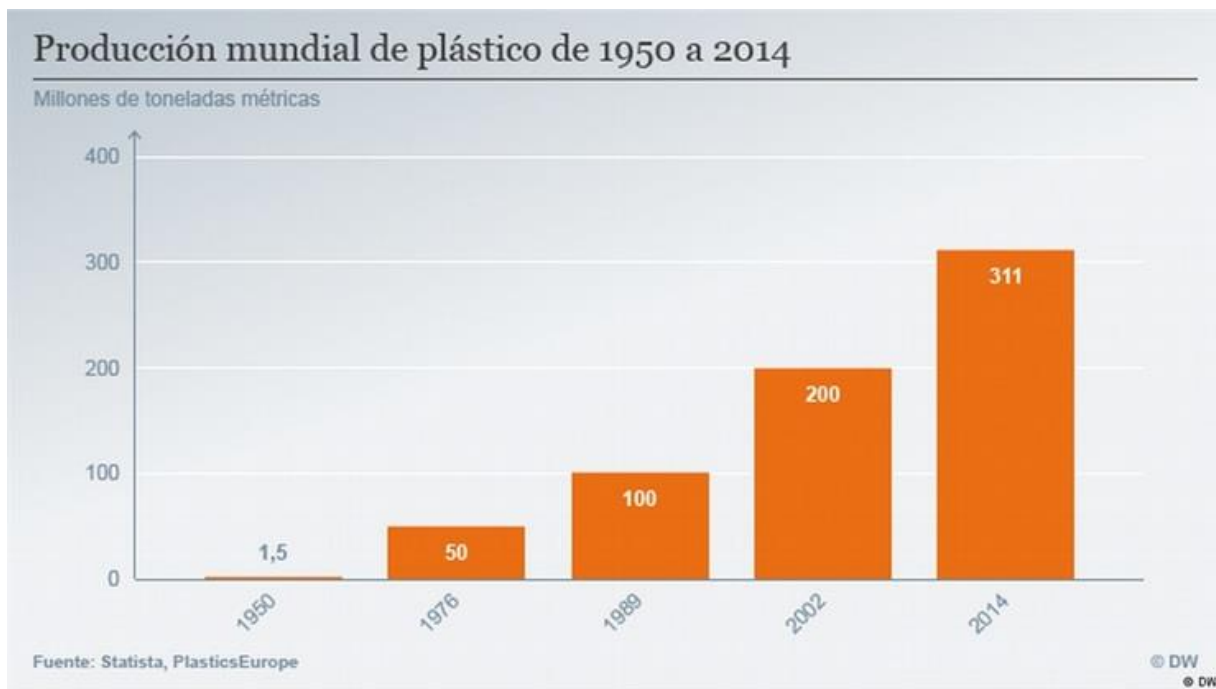
José M Arandes, J. B. (2004). Reciclado de residuos plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 28-32.

La Red, reciclados plásticos. (22 de junio de 2018). Obtenido de La Red, reciclados plásticos: <http://www.recicladoslared.es/proceso-de-reciclaje-de-plasticos/>

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (10 de Febrero de 2018). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <http://www.marn.gob.sv/descarga/directorio-del-reciclaje/>

Plastiglas de Mexico S.A de C.V. (s.f.). Calentamiento del plástico. En P. d. C.Vd, *Manual técnico de Termoformado* (págs. 18-20). Mexico.

Sampieri Roberto, f. C. (2003). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.



¿Para qué se utilizan los plásticos?

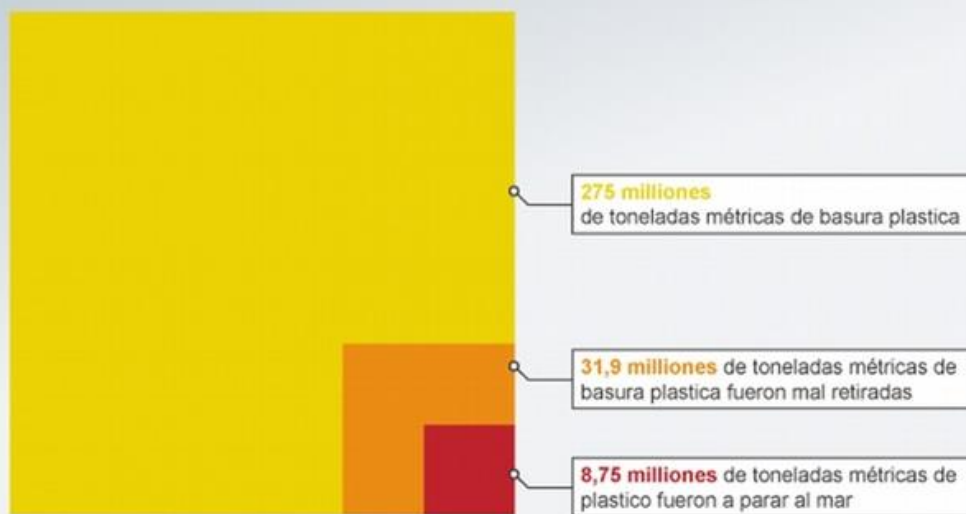


Fuente: Hopewell et al. (2009)

© DW
© DW

¿Adónde va a parar la basura plástica?

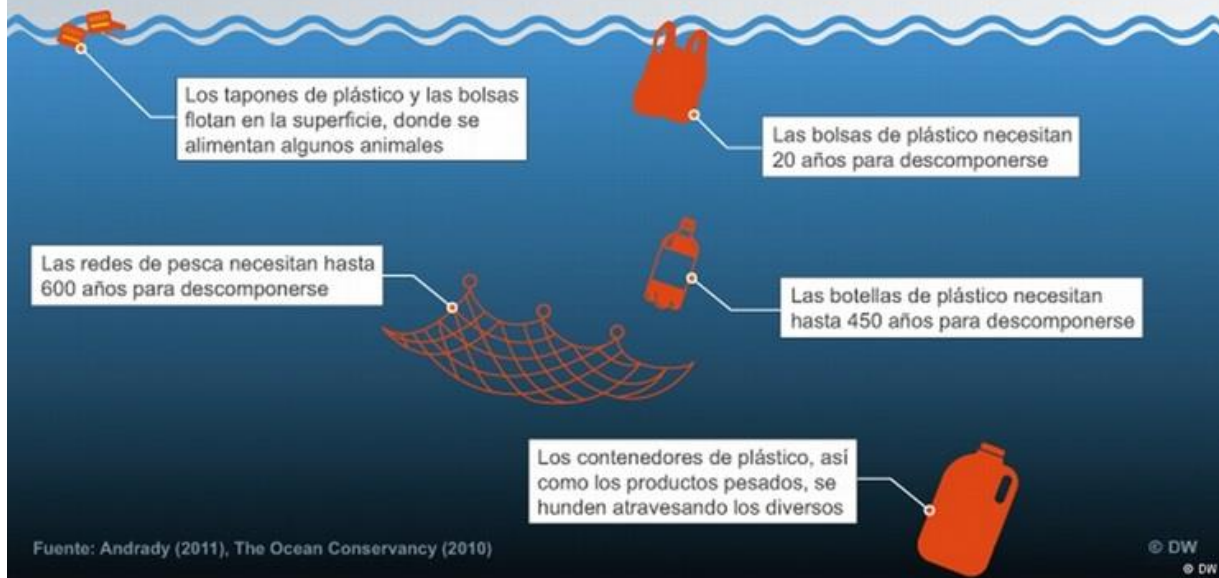
2010



Fuente: Jambeck et al. (2015)

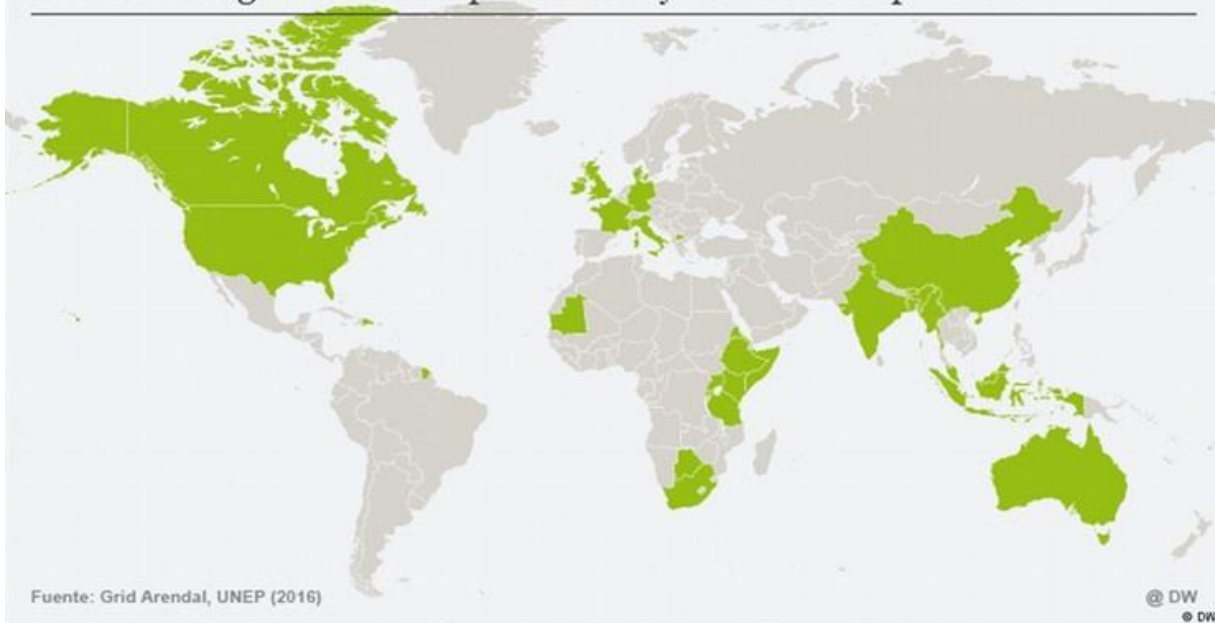
© DW
© DW

¿Cuánto tiempo tarda en descomponerse el plástico en el océano?



ANEXO 3

Países con regulación de la producción y comercio de plástico



12.1. RESUMEN DE CURRÍCULOS DE INVESTIGADORES PARTICIPANTES

Eva Margarita Pineda Luna, es arquitecta graduada de la Universidad Dr. José Matías Delgado, ha trabajado en el área de la construcción con diferentes empresas en el área de dibujo de planos y costeo de obras civiles, además ha desarrollado de manera independiente proyectos arquitectónicos como diseño de casas y remodelaciones de espacios. Desde el 2012 imparte clases a nivel superior, actualmente trabaja como docente investigador en la escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, en la Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura. Posee un diplomado en postgrado en Educación del siglo XXI, diplomado en Proceso sistemático de investigación y experimentación científica y un curso de Elaboración de Planos Topográficos, Bajo Norma Registral.

Gilmar Andrés Ramírez Azahar, es Técnico en Arquitectura graduado de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE, graduado de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Latinoamericana, actualmente desarrollando el trabajo de graduación de la maestría en Energías Renovables y Medio Ambiente de la Universidad de El Salvador. Con experiencia en valuación de inmuebles rurales y urbanos, supervisión de obras, topografía. Y desde el año 2015, como docente en el área de Ingeniería Civil y Arquitectura en la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE.

12.2. ANEXO 2: FICHA TÉCNICA

Ficha técnica	
Título de la investigación	Estudio de factibilidad técnica para fabricación de bloques de plástico reciclado por fundición para uso en viviendas de interés social.
Equipo de investigación:	Arq. Eva Margarita Pineda Avila Ing. Gilmar Andrés Ramírez Azahar
Línea de investigación:	Medio Ambiente y Diseño Arquitectónico
Área de conocimiento:	Arquitectura
Tipo de estudio:	Experimental
Técnicas e instrumentos:	Recopilación documental, ensayos en laboratorios, diseños digitales, mediciones de parámetros, Análisis de datos.
Muestra o participantes	No aplica
Fecha de realización:	Febrero - Diciembre 2018
Alcance geográfico:	Zona central del país
Objetivos:	<p>Desarrollar un estudio de factibilidad técnica para la fabricación de un bloque de plástico reciclado como elemento de construcción para viviendas de interés social.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar y crear un bloque de plástico reciclado para uso constructivo. • Diseñar y fabricar el molde a utilizar para la producción del bloque de plástico. • Realizar ensayos de laboratorio bajo normas al plástico a utilizar para la fabricación del bloque. • Efectuar ensayos siguiendo normas técnicas al bloque de plástico producido de material reciclado. • Comparar las propiedades físicas de un bloque de concreto hidráulico con respecto al de plástico reciclado.
Presupuesto:	\$ 6,715.50
Beneficiarios (Grupos de interés del estudio)	Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

IDENTIDAD INSTITUCIONAL

VISIÓN

Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.

MISIÓN

Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial, tanto como trabajadores y como empresarios.

VALORES

EXCELENCIA: *Nuestro diario quehacer está fundamentado en hacer bien las cosas desde la primera vez.*

INTEGRIDAD: *Actuamos congruentemente con los principios de la verdad en todas las acciones que realizamos.*

ESPIRITUALIDAD: *Desarrollamos todas nuestras actividades en la filosofía de servicio, alegría, compromiso, confianza y respeto mutuo.*

COOPERACIÓN: *Actuamos basados en el buen trabajo en equipo, la buena disposición a ayudar a todas las personas.*

COMUNICACIÓN: *Respetamos las diferentes ideologías y opiniones, manteniendo y propiciando un acercamiento con todo el personal.*

SEDE Y REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro Centros Regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1 SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400
Fax: (503) 2132-7599

2 CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.
Tel.: (503) 2440-4348
Tel./Fax: (503) 2440-3183

3 CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión
Tel.: (503) 2668-4700

4 CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y
(503) 2334-0768

5 CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298
Fax: (503) 2669-0061