

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**MATERIALES CONSTRUCTIVOS TRANSFORMANDO BASURA
PLÁSTICA ARRASTRADA POR CORRIENTES OCEÁNICAS:
MITIGACIÓN AMBIENTAL DE LAS ISLAS GALÁPAGOS**

AUTOR:

LUIS ALEJANDRO MEJÍA ARIAS

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

COLÓN GILBERTO MARTÍNEZ REHPANI

Guayaquil, Ecuador

6 DE MARZO DE 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Trabajo de Titulación fue realizado en su totalidad por **Luis Alejandro Mejía Arias**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**

TUTOR

f. _____

Ing. Colón Gilberto Martínez Rehpani, M. Sc

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas, M. Sc.

Guayaquil, a los 6 días de marzo de 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Mejía Arias, Luis Alejandro

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**Materiales constructivos transformando basura plástica arrastrada por corrientes oceánicas: mitigación ambiental de las islas Galápagos**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías, consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 6 días de marzo de 2020

EL AUTOR

f. _____

Luis Alejandro Mejía Arias



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Mejía Arias, Luis Alejandro**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Materiales constructivos transformando basura plástica arrastrada por corrientes oceánicas: mitigación ambiental de las islas Galápagos**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 6 días de marzo de 2020

EL AUTOR:

f. _____

Luis Alejandro Mejía Arias



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Lilia Marlene Valarezo Moreno, M. S.
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

f. _____

Ing. Clara Catalina Glas Cevallos, M. Sc
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas, M. Sc.

OPONENTE

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Mejia_Luis_Final.docx (D64229675)
Submitted: 2/21/2020 6:30:00 PM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 1 %

Sources included in the report:

Examen Supletorio Edison Alarcon.docx (D47780273)
TESIS ARIEL FLORES G EMPASTAR REV MARTHA.pdf (D58741866)
https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_de_las_Naciones_Unidas
<https://docplayer.es/37915491-Basuras-marinas-plasticos-y-microplasticos-origenes-impactos-y-consecuencias-de-una-amenaza-global.html>
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/10902/7431/1/Jos%C3%A9+Ram%C3%B3n+L%C3%B3pez.pdf>
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10047/Gomez2016.pdf?sequence=1>

Instances where selected sources appear:

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme vida y sabiduría para completar esta etapa de mi vida.

A mis padres Ana, Luís y Sandra quienes me han apoyado cognitiva, emocional y económicamente desde mi primer día de vida. He tenido la suerte de tener dos madres.

A toda mi familia: hermanos, abuelos, tíos, tíos políticos y primos. Que han sido parte fundamental de mi crecimiento personal.

A mi novia Génesis Falconí quien ha estado en los momentos buenos y malos. Ha sido un apoyo muy importante en mi día a día.

A mis hermanos que me dio la vida, todos mis amigos que han hecho de la universidad un lugar mucho más agradable. Quedan todas las anécdotas vividas dentro y fuera de las aulas de clases.

A mi tutor el ingeniero Gilberto Martínez, por ser un catedrático preocupado por formar neoprofesionales con valores y compromiso social y ambiental, con quién hemos trabajado en conjunto para realizar esta tesis de una manera exitosa.

DEDICATORIA

Dedicada a Dios y a mí familia que son el pilar de mi vida y esta meta la hemos logrado juntos.

A Leonardo López Lofrucio quien dejó de existir de manera prematura, un gran amigo que me dejó como herencia a sus padres Rosa y Leonardo quienes han sido mi familia durante gran parte de mi etapa universitaria.

A Robinson Gaibor Colina quien se fue de igual manera de esta vida de una forma inesperada dejándome con un gran vacío, siempre te extrañaré amigo.

Estoy con la satisfacción de que ellos, gozan de la presencia de Dios. Mi compromiso con ellos es vivir la vida a plenitud y ser el buen profesional que cumpla las expectativas que ellos tenían.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| CAPITULO I..... | 2 |
| INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 6 |
| 1.2 Formulación del problema..... | 7 |
| 1.3 Justificación..... | 7 |
| 1.4 Importancia del tema..... | 8 |
| 1.5 Objetivos de la investigación..... | 9 |
| 1.5.1 Objetivo general..... | 9 |
| 1.5.2 Objetivos específicos..... | 9 |
| CAPITULO II..... | 10 |
| 2.1 MARCO LEGAL..... | 10 |
| 2.1.1 Constitución Nacional de la República de Ecuador..... | 10 |
| 2.1.2 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental..... | 12 |
| 2.1.3 El Código Orgánico del Ambiente..... | 12 |
| 2.1.4 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021: Toda una Vida..... | 13 |
| 2.1.5 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas..... | 14 |
| 2.1.6 Ley Orgánica Reformatoria a Ley Orgánica de Educación Superior (LOES)..... | 14 |
| 2.1.7 Estatuto de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil..... | 14 |
| 2.2 MARCO TEÓRICO..... | 16 |
| 2.2.1 Fundamentación teórica..... | 16 |
| 2.2.2 Problema de la basura marina..... | 17 |
| 2.2.3 Basura marina plástica..... | 20 |
| 2.2.4 Costos ambientales en las islas Galápagos..... | 22 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| 2.2.5 | Corrientes marinas e islas de basura en el mar | 25 |
| 2.2.6 | Plástico | 27 |
| 2.2.7 | Proceso de reciclaje del plástico | 35 |
| 2.2.8 | Trituración de plástico | 36 |
| 2.2.9 | Materiales de construcción a base de plástico reciclado | 42 |
| 2.2.10 | Infraestructura sostenible..... | 45 |
| 2.2.11 | Infraestructura ecológica | 46 |
| 2.2.12 | Agregados solidos Basálticos | 48 |
| 2.2.13 | Minas Granillo Rojo y Granillo Negro de la isla Santa Cruz..... | 50 |
| CAPÍTULO III..... | | 53 |
| METODOLOGÍA | | 53 |
| 3.1 | Tipo de investigación | 53 |
| 3.1.1 | Experimental | 53 |
| 3.1.2 | Preexperimental | 53 |
| 3.1.3 | Descriptiva | 54 |
| 3.1.4 | Explicativa..... | 54 |
| 3.1.5 | Método Inductivo – Deductivo..... | 54 |
| 3.1.6 | Enfoque Cuantitativo..... | 55 |
| 3.2 | Metodología del proceso | 55 |
| 3.2.1 | Recolección de basura marina en las islas Galápagos..... | 55 |
| 3.2.2 | Trituración del plástico marino recolectado..... | 59 |
| 3.2.3 | Elaboración de probetas de ensayo..... | 61 |
| 3.2.4 | Ensayos realizados..... | 63 |
| 3.2.5 | Resultados obtenidos | 74 |
| CAPITULO IV | | 77 |

| | |
|---|----|
| DISEÑO DE PROTOTIPO DE REFUGIO CIENTÍFICO PARA LAS ISLAS GALÁPAGOS..... | 77 |
| 4.1 Propuesta | 77 |
| 4.2 Diseño del prototipo..... | 77 |
| 4.3 Presupuesto general del refugio científico para las islas Galápagos | |
| 86 | |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 90 |
| ANEXOS..... | 98 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Composición del basalto | 49 |
| Tabla 2 Características del primer grupo de probetas estudiadas | 62 |
| Tabla 3 Características del segundo grupo de probetas estudiadas..... | 63 |
| Tabla 4 Ensayo de Granulometría del agregado basáltico..... | 64 |
| Tabla 5 Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple | 67 |
| Tabla 6 Ensayo de Módulo de Rotura ASTM C293..... | 71 |
| Tabla 7 Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta..... | 73 |
| Tabla 8 Presupuesto general del refugio científico para las islas Galápagos.. | 86 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. - Lobos marinos bebés juegan con basura plástica arrastrada por corrientes oceánicas hacia las islas Galápagos | 23 |
| Figura 2. - Hábitat de lobo marino afectada por la presencia de basura arrastrada por corrientes oceánicas hacia las islas Galápagos | 24 |
| Figura 3. - Iguana Marina endémica de las islas Galápagos se alimenta de la basura plástica arrastradas por corrientes oceánicas..... | 24 |
| Figura 4. - Cormorán no volador, endémico de las islas Galápagos hace nido en basura plástica arrastrada por corrientes oceánicas hacia el archipiélago | 25 |
| Figura 5. - Dirección de las corrientes oceánicas que arrastran basura plástica hacia las Islas Galápagos | 26 |
| Figura 6. - Codificación de plásticos según la Sociedad de Industrias de los Plásticos. | 28 |
| Figura 7. - Materiales empleados en el pasado para la elaboración de plásticos..... | 33 |
| Figura 8. - Proceso de reciclaje mecánico | 35 |
| Figura 9. - Proceso de reciclaje químico | 36 |
| Figura 10. - Trituradora de mandíbulas de doble efecto o "Blake" | 37 |
| Figura 11. - Molino de discos | 38 |
| Figura 12. - Trituradora de rodillos dentados o rodillo único y placa | 39 |
| Figura 13. - Rodillos dentados | 39 |
| Figura 14. - Máquina cortadora rotativa | 40 |
| Figura 15. - Trituradora de martillos | 41 |
| Figura 16. - Trituradora CentriCut | 42 |
| Figura 17. - Ladrillos de plástico | 44 |
| Figura 18. - Basalto olivínico de la isla Santa Cruz | 48 |

| | |
|---|----|
| Figura 19. - Mina Granillo Rojo en la isla Santa Cruz | 51 |
| Figura 20. - Mina Granillo Rojo en la isla Santa Cruz | 52 |
| Figura 21. - Mina Granillo Negro en la isla Santa Cruz | 52 |
| Figura 22. - Botellas de plástico de origen asiático encontradas durante la jornada de limpieza costera. | 56 |
| Figura 23. - Aspecto de las costas de Galápagos por la llegada abundante de basura marina plástica | 56 |
| Figura 24. - Desechos marinos recolectados en la isla Isabela al noroeste de las islas Galápagos. | 57 |
| Figura 25. - Transporte de desechos marinos plásticos recolectados en la isla Isabela al noroeste de las islas Galápagos. | 57 |
| Figura 26. - Voluntarios realizan la separación de microplásticos en la playa Tortuga Bay. | 58 |
| Figura 27. – Microplásticos encontrados en la playa Tortuga Bay | 58 |
| Figura 28. - Clasificación del plástico realizada en la planta de residuos sólidos de la isla Santa Cruz. | 59 |
| Figura 29. - Plástico triturado con apoyo de la empresa privada | 60 |
| Figura 30. – Plástico peletizado con apoyo de la empresa privada | 60 |
| Figura 31. - Molde fabricado para la elaboración de probetas. | 61 |
| Figura 32. - Curva granulométrica de los agregados basálticos | 64 |
| Figura 33. - Separación y etiquetado del material tamizado | 65 |
| Figura 34. - Medición del diámetro de la probeta. | 66 |
| Figura 35. - Medición de longitud de la probeta. | 66 |
| Figura 36. - Toma del peso de la probeta. | 67 |
| Figura 37. - Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple. | 69 |
| Figura 38. - Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple. | 69 |
| Figura 39. - Ensayo de Módulo de Rotura. Comprobación de la distancia entre los apoyos. | 71 |

| | |
|---|----|
| Figura 40. - Ensayo de Módulo de Rotura. | 72 |
| Figura 41. - Ensayo de Tracción Indirecta. | 73 |
| Figura 42. - Forma de la falla de la probeta en el ensayo de Tracción Indirecta. | 74 |
| Figura 43. - Resultados en ensayos de resistencia a Compresión Simple (Kg/cm ²). | 75 |
| Figura 44. - Resultados en ensayos de Módulo de Rotura (Kg/cm ²). | 75 |
| Figura 45. - Resultados en ensayos de Resistencia a la Tracción Indirecta (Kg/cm ²). | 76 |
| Figura 46. - Dimensión del perno | 78 |
| Figura 44. - Detalle del tablón y ensamblaje de la estructura | 79 |
| Figura 48. - Detalle del tablón y ensamblaje de la estructura | 80 |
| Figura 49. - Vista en planta de refugio científico propuesto | 81 |
| Figura 50. - Corte transversal Y-Y de refugio científico propuesto | 82 |
| Figura 51. - Proyección axonométrica del refugio científico propuesto | 83 |
| Figura 52. - Fachada frontal del refugio científico propuesto | 84 |
| Figura 53. - Propuesta de refugio científico | 85 |
| Figura 54. - Reconocimiento realizado a la presente investigación por el vicerrectorado de vinculación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil..... | 85 |
| Figura 55. - Certificado de revisión de gramatólogo de la presente tesis de grado | 99 |

RESUMEN

El uso de los materiales constructivos ecológicamente amigables se ha convertido en una de las tendencias actuales con mayor importancia, esto se debe a la necesidad de reducir el impacto ambiental que agrava la situación del planeta, por tal razón el presente trabajo de investigación experimental, tuvo como objetivo fundamentar los procesos de fabricación de materiales de construcción, mediante el uso de la basura marina plástica arrastrada por las corrientes oceánicas hacia las islas Galápagos. Con este fin se participó como voluntario en la jornada de limpieza costera del 2019 en la isla Santa Cruz. El material recolectado fue trasladado a la Planta de Gestión de Residuos Sólidos, donde se realizó el muestreo y clasificación de los distintos polímeros, estos fueron llevados a una picadora que disminuyó su tamaño y facilitó el proceso de mezclado con adiciones compatibles, se compactó el material en probetas homogéneas. A estas probetas se les realizó ensayos en el Laboratorio Centro de Investigaciones en Ingeniería Estructural Sismo Resistente, donde se obtuvieron los resultados del comportamiento del material a los diferentes esfuerzos, a la compresión simple superó los 300 Kg/cm², a la tracción indirecta fue de 73 Kg/cm² y obtuvo un módulo de rotura de 190 Kg/cm², datos que se observan por encima de las magnitudes de resistencias típicas de materiales de construcción tradicionales, lo cual permitió diseñar tableros, los mismos que pueden ser usados como paredes empernables a las columnas para la construcción de refugios científicos prefabricados en las islas Galápagos.

Palabras Claves: materiales constructivos, basura marina plástica, matriz plástica, adiciones sólidas.

ABSTRACT

The use of ecologically friendly building materials has become one of the most important current trends, this is due to the need to reduce the environmental impact that aggravates the planet's situation, which is why the present experimental research work was carried out. With a quantitative focus, it aimed to inform the manufacturing processes of construction materials, through the use of plastic marine litter dragged by ocean currents to the Galapagos Islands. To this purpose, he participated as a volunteer in the coastal cleaning day held on September 21, 2019 on Santa Cruz Island. The material collected during this day was transferred to the Solid Waste Management Plant, where the sampling and classification of the different polymers were carried out, these were taken to a chopper that reduced their size and facilitated the process of mixing with compatible additions, compacted the material in test tubes increasing the temperature to achieve stable, homogeneous and durable mixtures. These specimens were tested in the Laboratory Research Center in Resistant Structural Engineering (CEINVES), where the results of the behavior of the material were obtained at different efforts, at simple compression exceeded 300 Kg / cm², at traction Indirect was 73 Kg / cm² and obtained a breakage module of 190 Kg / cm², data that are above the magnitudes of resistance typical of traditional construction materials, which allowed designing boards with dimensions of 290 cm in length, 20cm wide and 4cm thick, the same that can be manufactured in series and used as walls that are bolted to the columns of the same material for the construction of prefabricated scientific shelters in the Galapagos Islands.

Keywords: construction materials, environmental impact, plastic marine litter, plastic matrix, solid additions.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo, la creación y aumento excesivo del uso de materiales nocivos para el ambiente que se crean en el mundo, tiene consigo un conjunto de consecuencias negativas para el planeta, pues no solo se trata de contaminación por desechos, también de la fabricación de estos, los mismos que de una u otra forma suman al deterioro ambiental.

El problema generado por la basura plástica en el océano tiene dimensiones mundiales, y los datos recogidos por diferentes organizaciones pueden ser calificados como alarmantes, debido a que las cifras son bastante significativas, de acuerdo con la información que expone la Organización de las Naciones Unidas (2017) estimó que en el año 2009 existía alrededor de 640.000 toneladas de redes en el fondo del mar y en las cuales quedan atrapados los animales marinos.

Para los países más desarrollados la preocupación de la basura marina cada día es mayor, por esta razón ha sido importante llevar a cabo diferentes estrategias que permitan superar esta situación, dando apertura a la posibilidad de iniciar los acuerdos con las empresas productoras de plásticos, así como la creación de programas de educación y concienciación en instituciones educativas como escuelas y universidades.

No obstante, pese a todas las iniciativas que se estudian con el paso del tiempo, la basura y los plásticos continúan llegando a las aguas de todo el planeta, lo que causa problemas en diversos aspectos, por lo que aún es difícil frenar la entrada de basura en el medio marino. De este problema no se encuentra exento el Ecuador, en cuyas costas se evidencia la presencia de basura plástica, siendo una de las provincias con mayor afectación las islas Galápagos.

En 1978, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) declaró al archipiélago como un patrimonio natural de la humanidad, debido a que todas las islas son ricas en flora y fauna

endémicas. Necesitan más protección y conservación para evitar su desaparición completa y permitir que las generaciones futuras las disfruten (Santana, 2018).

En Puerto Ayora en el año 2018 se recolectaron un total de 22 toneladas de basura plástica alrededor de las superficies submarinas en el perfil costanero (Cecchin, 2017). Además de esto, de acuerdo a Barriga (2017) hay una falta de educación ambiental para los turistas y las personas que viven en la isla, lo que, como se mencionó, afecta los ecosistemas de las ciudades más pobladas.

Los desechos generados en la isla son causados por cuatro fuentes en particular: a) Población residente, b) Actividades turísticas identificadas por población flotante. c) Limpieza de carreteras, poda de jardines, obras públicas, y d) basura que llega a la costa de la isla arrastrada por las corrientes oceánicas (Narváez, 2015).

El agotamiento de los recursos naturales y la producción de residuos asociada se han relacionado con actitudes y comportamientos humanos insostenibles. No obstante, comprender los procesos de pensamiento y las actividades detrás de la generación de estos desechos puede ayudar a prevenir estos desechos, incluidos los esfuerzos de conservación de recursos, sin cambiar drásticamente el comportamiento y el estilo de vida humana (Santana, 2018).

La producción de residuos es un problema complejo que enfrentan los gobiernos locales, nacionales e internacionales. Su gestión puede requerir la integración de una cosmovisión multidisciplinaria, pero su comprensión puede mejorarse aún más utilizando una variedad de perspectivas socioculturales.

Como resultado, se han realizado muchas investigaciones en el área de gestión de residuos, muchas de las cuales se centran en los aspectos sociodemográficos y psicológicos de la producción y gestión de residuos (Cárdenas, Sotelo, & Chávez, 2011).

Los resultados de estos estudios han impactado varias políticas ambientales, incluido el marco legal que facilita el diseño de muchas estrategias de gestión de residuos en todo el mundo.

De acuerdo a reportajes que se han realizado en las islas Galápagos se concluyó que el plástico es un material que se encuentra en nidos de aves, así como en los estómagos de tortugas marinas y albatros, tal como lo indica el Diario El Universo (2017). Otro reportaje realizado por el Diario El Telégrafo (2018) indica que el 95% de los residuos recogidos por medio del “Plan de Limpieza Costera” es netamente material sintético, y que este proviene por medio de corrientes de la costa de Sudamérica (Perú, Ecuador) y Centroamérica e incluso corrientes lejanas de Asia.

Para mitigar los impactos ambientales y por la necesidad de desarrollar soluciones socioambientales para preservar la existencia humana y de las especies, se realizó el estudio en el campo de la basura marina plástica en las islas Galápagos y su aprovechamiento como un nuevo material de construcción.

Siendo el estudio desarrollado bajo la fundamentación de los procesos de fabricación de materiales de construcción, mediante el uso de la basura marina plástica arrastrada por las corrientes oceánicas hasta las islas Galápagos.

Todo esto por medio de la recolección de desechos plásticos que luego fueron tratados de manera industrial hasta tener de ella pequeñas partículas de plástico que pueden ser utilizadas en otras industrias, de manera que se pudo identificar y establecer un material constructivo de posible fabricación industrial y en serie, que incluyó una combinación de matriz plástica y adiciones de elementos de reciclaje compatibles entre sí, conforme con la normativa medioambiental del Archipiélago.

Aunado a ello se probó mezclas estables y durables combinando una matriz plástica con diversos elementos sólidos de reciclaje, para establecer los criterios que demuestren la viabilidad técnica y económica y así mismo definir los mejores procesos de recolección de la basura plástica marina en las islas

Galápagos, buscando operacionalizar las actividades con base en los principios de la economía circular, y en concordancia con las posibilidades de las autoridades locales.

La creación de un producto a partir del uso de plástico reciclado trae consigo un avance significativo en el área de la ingeniería civil, por lo que, al ser comprobado a través de ensayos su viabilidad, este plástico puede ser usado como una alternativa a los materiales de construcción tradicionales y al mismo tiempo, reducir el impacto que genera la fabricación de los mismos, pues este proceso emite a la atmosfera cantidades considerables de dióxido de carbono, el mismo que contribuye de manera negativa al calentamiento global y sobre todo a los gases de efecto invernadero.

Es importante destacar que el desarrollo de un producto que se conforma a través de basura plástica transportada por diferentes corrientes marinas hacia las islas Galápagos, puede considerarse como innovación, una que no solo brinda otra opción para el área de la construcción, sino además es amigable con el ambiente, característica que en la actualidad es un requisito fundamental en la creación de nuevos productos, métodos y procesos de fabricación en el área de la industria que beneficia a la sociedad.

Por las razones anteriormente expuestas se contempla la posibilidad de crear materiales constructivos a través de la transformación de basura plástica arrastrada por corrientes oceánicas, de manera que se pueda mitigar el impacto ambiental que se desarrolla en las islas Galápagos. En concordancia a este objetivo es necesario identificar que esta investigación pertenece a un diseño experimental, bajo un método inductivo y con un enfoque cuantitativo.

La metodología del proceso, consistió en la realización de probetas y sus respectivos ensayos, del cual se interpretó los resultados y se contrastó cual muestra obtuvo resultados aceptables en los ensayos y una resistencia adecuada para ser denominada como apta en la construcción de elementos estructurales.

Con la elaboración de la presente investigación se definió de manera teórica y práctica la factibilidad de reutilizar la basura marina plástica para la

elaboración de materiales para la construcción. Además, se pretende lograr una efectiva articulación de los cuatro ejes del desarrollo en las dimensiones humana, social-política, ambiental y económica, en los que se pueda contribuir con soluciones al problema del Archipiélago, que no se tiene aún bien identificado y que ha sido desatendido.

Esto implicó romper los paradigmas tradicionales de gerencia e ingeniería de los recursos, a través de la innovación con un enfoque sistémico, ampliando las consideraciones en la manera de concebirla técnicamente y cómo implementarla, así como la importancia del vínculo existente entre el ambiente y la ingeniería.

El desarrollo de innovaciones no solo permite ampliar el conocimiento y dar cabida a nuevas ideas, también proporciona soluciones factibles y ágiles que pueden contribuir con un mejoramiento continuo y positivo en diferentes aspectos, donde prevalezca la preservación del ambiente y las especies.

1.1 Planteamiento del problema

La presencia de residuos plásticos provenientes de Ecuador, América Central, América del Sur y Asia, que se acumulan en el Archipiélago de las Islas Encantadas, arrastrados por las corrientes marinas, está generando conflictos socioambientales cada vez más complejos.

Toneladas de plástico son empujados por estas trayectorias oceánicas hasta ser ingeridos por la fauna de las islas Galápagos, donde algunas especies ya están en peligro de extinción, afectando la conservación de un ecosistema único en el mundo, además de perjudicar al turismo, y de complicar la gestión administrativa de los tres municipios insulares, los que deben esforzarse por recoger la mayor cantidad posible de basura, cuyo volumen está en aumento.

Uno de los factores que más aporta al calentamiento global, son las emisiones producidas por los materiales tradicionales empleados en la construcción, especialmente durante su fabricación. La producción de materiales de construcción tradicionales generalmente conlleva un gran coste

medioambiental, implican el desperdicio de cantidades representativas de energía, agua, insumos y materias primas.

Además, la Organización de las Naciones Unidas ha advertido a los gobiernos sobre el aumento de la escasez de vivienda en el mundo que se presentará en los próximos 25 años. Un informe realizado ONU-HABITAT, determinó que aproximadamente el 40% de la población urbana necesitará infraestructuras con servicios básicos de aquí al 2030.

El presente trabajo investigativo se centrará en contribuir a solucionar esta problemática, mediante la reutilización de la basura plástica que es arrastrada por las corrientes oceánicas hasta las islas Galápagos, utilizando alternativas innovadoras para la fabricación de un nuevo material de construcción sustentable con el medio ambiente.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo realizar una mezcla a partir del reciclaje de plástico que sirva como alternativa para la construcción y que cumpla con la normativa vigente?

1.3 Justificación

Los problemas ambientales en los que incurrieron los centros urbanos debido a la gestión inadecuada de los recursos naturales, la intensa actividad industrial, la expansión urbana y la eliminación inadecuada de residuos, fueron los puntos de partida para este trabajo de investigación.

Desde la década de los 50, las ciudades han acelerado su crecimiento debido al desarrollo industrial y la oferta de empleos en las grandes ciudades, y han consumido más recursos naturales para operarlas. Esto aceleró el crecimiento de la población, creó un flujo masivo de migración del país a las ciudades y dio como resultado la expansión de asentamientos urbanos inestables. En materia de hábitat, surge el concepto “producción social del hábitat” que fue desarrollada por *Hábitat International Coalition* en 2012

Acerca de este concepto Ortiz (2002) afirma que son: Todos los procesos que crean espacios habitables, componentes urbanos y hogares, se ejecutan bajo

el control de autoproductores y otros agentes sociales que operan sin fines de lucro. Los participantes se encuentran en un alto nivel organizativo, a menudo en un sentido colectivo de los complejos procesos de producción y gestión de otros componentes del hábitat.

El desarrollo de los recursos naturales por parte de la población ha tenido un impacto negativo en el medio ambiente y la biodiversidad. Gran parte de este progreso de recursos naturales se utiliza para impulsar materiales para la construcción de viviendas. Este tema fue seleccionado para proporcionar una dosificación de mezcla que sustituya los materiales de construcción convencionales por el plástico marino reciclado para resolver este problema, y se investigó el uso de plástico reciclado en la construcción.

Este estudio encuentra una solución alternativa a los altos niveles de contaminación generados por los desechos sólidos marítimos en las islas Galápagos, que producen otros tipos de contaminantes como CO₂, desechos orgánicos, inorgánicos, lixiviados, etc. y polímero (plástico) que pueden degradarse entre 700 y 4000 años según su tipo.

Las contribuciones que se pretenden proporcionar a través de esta investigación son de suma importancia debido al uso de grandes cantidades de plástico reciclado y su conversión como materia prima en la preparación de materiales para la construcción, para ayudar al ahorro energético y económico en las Islas Galápagos, al mismo tiempo que contribuye al sector de la construcción y a la reducción de los niveles de contaminación de sus costas.

1.4 Importancia del tema

Esta investigación es de gran importancia debido a que, en las islas Galápagos se acumulan grandes cantidades de desechos plásticos que llegan arrastrados por las corrientes oceánicas, esta basura marina actualmente no es aprovechada de ninguna forma, y con el tema planteado se pretende cambiar esta situación, a una en donde se utilice el plástico reciclado que, gracias a su versatilidad, fácil manipulación y modelación a altas temperaturas se transforma en una opción que favorece al sector de la construcción y al

medio ambiente puesto que sería utilizado como materia prima para la elaboración de mezclas que sustituiría a los materiales de construcción tradicionales, contribuyendo de esta forma al aumento en los niveles de recolección de este tipo de desechos y al reciclaje.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Fundamentar el proceso de fabricación de materiales de construcción utilizando la basura marina plástica, arrastrada por las corrientes oceánicas hasta las islas Galápagos, para mitigar los impactos ambientales que actualmente se generan sobre las especies endémicas del Archipiélago, sobre las personas y sobre la actividad turística.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar los procesos de recolección de la basura plástica marina en las islas Galápagos, para operacionalizar las actividades en base a los principios de la economía circular, y en concordancia con la normativa vigente.
- Establecer los materiales constructivos de posible fabricación que pueda incluir una combinación de matriz plástica y adiciones compatibles, conforme con la normativa medioambiental del Archipiélago.
- Diseñar un prototipo factible de desarrollo en las islas Galápagos.

CAPÍTULO II

2.1 MARCO LEGAL

En el siguiente aparte se mencionan las normas jurídicas de mayor relevancia que sustentan la importancia del desarrollo de la presente investigación. En materia ambiental, se señalan las leyes que tengan relación con los derechos de la naturaleza, medio ambiente saludable, medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, construcción sostenible entre las más importantes; Mientras que, en materia académica se indican las normas legales que existen por la necesidad de formar profesionales con valores éticos y morales, que tengan responsabilidad social y ambiental, mediante la innovación tecnológica y científica

2.1.1 Constitución Nacional de la República de Ecuador

De acuerdo a los lineamientos de la Asamblea Nacional (2008) que se establecen en la Constitución Nacional de la República de Ecuador en relación al ambiente, los deberes y derechos del estado en conjunto con los habitantes se tienen los siguientes:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (p.13).

De acuerdo a lo que refleja el artículo 14 indica que es de carácter constitucional y existente el derecho a vivir en un ambiente saludable, instando a la población a salvaguardar todas las áreas de patrimonio natural, con el propósito de mantener un país con ecosistemas y biodiversidad sostenibles y autosustentables, en equilibrio y sin daños que produzcan el deceso de áreas verdes, generan por el contrario, la preservación y

recuperación de los espacios naturales existentes que no se encuentren en estados precarios o de deterioro.

El concordancia con la Asamblea Nacional (2008) y en lo que reposa dentro de la Constitución Nacional de la República de Ecuador, el artículo 15, señala: “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto” (p.13). De esta manera, el Estado incluirá a la población en la intención de mantener un estado limpio, con la incitación de objetivos y metas que puedan lograrse con la participación ciudadana, mediante el uso de los conocimientos y conjunto de técnicas para la disminuir los procesos contaminantes.

Según la Asamblea Nacional constituyente (2008), mediante la Constitución Nacional de la República de Ecuador en su artículo 66, numeral 27 señala: “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” (p. 31), haciendo saber a la población que el Estado reconoce y garantizará el derecho a residir en un entorno que cuente con los estándares óptimos de calidad de vida natural, en concordancia con la naturaleza, para asegurar su estabilidad y permanencia ecológica.

Además, la Asamblea Nacional Constituyente (2008) mediante la Carta Magna en su artículo 395 establece:

La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: 1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado [...] que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (p. 119).

Del artículo anteriormente mencionado, se entiende que el Estado continuará su desarrollo, pero tendrá en cuenta las regulaciones e imposiciones presentes en la Ley para preservar equilibrado el entorno natural, con la protección ecosistemas y mediante la proyección a los años futuros, comprometiéndose a cumplir los requerimientos de las próximas generaciones.

2.1.2 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

Según el H. Congreso Nacional (2004) mediante la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental establece:

Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, [...] contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades (Art. 6, p. 2).

De igual manera, el H. Congreso Nacional (2004) por medio de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental señala: “El Ministerio del Ambiente regulará la disposición de los desechos provenientes de productos industriales que, por su naturaleza, no sean biodegradables, tales como plásticos, vidrios, aluminio y otros” (Art. 15, p. 4). En adición al artículo 6, el artículo 15 añade que serán reguladas las fuentes de contaminación que poseen una escala diferente a los desechos comunes, como son los desechos que no son biodegradables.

2.1.3 El Código Orgánico del Ambiente

La Asamblea Nacional Del Ecuador (2017) mediante El Código Orgánico del Ambiente establece:

Derechos de la naturaleza. Son derechos de la naturaleza los reconocidos en la Constitución, los cuales abarcan el respeto integral de su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales [...]. Para la garantía del ejercicio de sus derechos, en la planificación y el ordenamiento territorial se incorporarán criterios ambientales territoriales en virtud de los ecosistemas [...] (Art. 6, p. 13).

Tal como lo plantea el artículo 6, hace referencia a los derechos de la naturaleza, lo que indica que habrá un conjunto de normas para hacer cumplir las libertades y proliferación del área natural, se debe cumplir los mismos a través de los diferentes prohibiciones y obligaciones que se impongan en la ordenanza territorial.

De igual manera, la Asamblea Nacional Del Ecuador (2017) mediante El Código Orgánico del Ambiente menciona:

Deberes comunes del Estado y las personas. Son de interés público y por lo tanto deberes del Estado y de todas las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y colectivos, los siguientes: 1. Respetar los derechos de la naturaleza y utilizar los recursos naturales, los bienes tangibles e intangibles asociados a ellos, de modo racional y sostenible; 2. Proteger, conservar y restaurar el patrimonio natural nacional, los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país; 3. Crear y fortalecer las condiciones para la implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático (Art 7, p. 13)

Tal como lo indica el artículo anteriormente expuesto la responsabilidad del cuidado respecto al ambiente es responsabilidad de todos, por lo que cada persona que hace vida en el planeta, debe procurar el cuidado de este, en relación a las islas Galápagos el cuidado debe ser constante, estas islas se encuentran conformadas por biodiversidad única en el mundo, tan única como frágil.

2.1.4 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021: Toda una Vida

La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2017) dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021: Toda una Vida en el objetivo número 3 señala lo siguiente:

Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones para reducir la vulnerabilidad ambiental es urgente tomar acciones para el manejo responsable del patrimonio natural. Su biodiversidad terrestre y marina, para asegurar condiciones para la regeneración de los ciclos vitales, con especial énfasis en el agua (p. 1)

De acuerdo a lo establecido en el tercer objetivo de plan nacional, es fundamental preservar la naturaleza, es considerado patrimonio cultural, así como la biodiversidad y todo lo que involucra, con el propósito de conservar el ambiente.

2.1.5 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas

El Objetivo numero 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (2019) señala:

Agua limpia y saneamiento. La escasez de agua afecta a más del 40 por ciento de la población mundial, una cifra alarmante que probablemente crecerá con el aumento de las temperaturas globales producto del cambio climático [...]. La decreciente disponibilidad de agua potable de calidad es un problema importante que aqueja a todos los continentes. Cada vez más países están experimentando estrés hídrico, y el aumento de las sequías y la desertificación están empeorando estas tendencias. Se estima que al menos una de cada cuatro personas se verá afectada por escasez recurrente de agua para 2050. Con el fin de garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para todos en 2030, es necesario realizar inversiones adecuadas en infraestructura [...] (p. 2).

2.1.6 Ley Orgánica Reformatoria a Ley Orgánica de Educación Superior (LOES)

El Registro Oficial (2018) de la LOES indica que la Educación Superior tendrá los siguientes fines:

- a) Aportar al desarrollo del pensamiento universal, al despliegue de la producción científica, de las artes y de la cultura y a la promoción de las transferencias e innovaciones tecnológicas [...]
- d) Formar académicos y profesionales responsables, en todos los campos del conocimiento, con conciencia ética y solidaria [...]
- f) Fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional en armonía con los derechos de la naturaleza constitucionalmente reconocidos [...]
- h) Contribuir en el desarrollo local y nacional de manera permanente, a través del trabajo comunitario o vinculación con la sociedad;
- i) Impulsar la generación de programas, proyectos y mecanismos para fortalecer la innovación, producción y transferencia científica y tecnológica en todos los ámbitos del conocimiento (Art. 8, pp. 8-9).

2.1.7 Estatuto de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

EL Consejo Universitario de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (2019) mediante el Estatuto La UCSG adopta como “misión: generar,

promover, difundir y preservar la ciencia, la tecnología, el arte y la cultura, formando personas competentes y profesionales socialmente responsables para el desarrollo sustentable del país[...]" (p. 2).

De la misma manera, el Consejo Universitario de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (2019) mediante el Estatuto La UCSG en su Art. 3.- menciona:

Son las responsabilidades sustantivas de la UCSG las siguientes: a. La producción del conocimiento científico y tecnológico [...]. c. La gestión del conocimiento y los saberes de manera ética, crítica y prospectiva para la solución de los problemas de la sociedad [...] (p. 2)

Por último, el Consejo Universitario de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (2019) mediante el Estatuto La UCSG en su Art. 6.- Fines. - La UCSG se orientará a la consecución de los siguientes fines:

a. Formar, en todos los niveles, profesionales de excelencia con sólidos valores éticos y morales, conciencia reflexiva, responsabilidad social y ambiental; autonomía y liderazgo innovador, capacidades para asumir los desafíos de la sociedad en un mundo cambiante [...]

f. Generar producción científica, humanística y tecnológica a través de la investigación, la construcción de los aprendizajes y su transferencia, aportando al pensamiento universal y a los objetivos de los planes de desarrollo nacional, regional, local y sectorial, en el marco de la sustentabilidad [...]

h. Permanecer atenta al proceso de transformación e integración de las sociedades latinoamericana y mundial, colaborando con la defensa y protección ecológica y el desarrollo sostenible [...]

i. Realizar y participar en actividades que vinculen a la UCSG con la sociedad, a través de consultorías, asesorías, investigaciones, transferencias tecnológicas, estudios, capacitación, intervenciones sociales y otros [...] (p. 3)

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Fundamentación teórica

Las Islas Galápagos son famosas por su fauna hermosa y única, así como por sus hermosos paisajes y el área virgen, que está escasamente poblada y solo se visita en un grado limitado para proteger y preservar su naturaleza espectacular. Las Islas Galápagos se encuentran en el Océano Pacífico, a casi mil kilómetros de la costa de Ecuador, un país al que pertenecen políticamente. Este Archipiélago consta de numerosas islas de tamaño considerable, otras islas más pequeñas y más de cien islas o rocas que sobresalen del nivel del mar. El origen de las Islas Galápagos es volcánico, lo que significa que son producto de erupciones volcánicas congeladas (Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2014).

El Archipiélago se encuentra [...] en el este, el punto central de la Reserva Marina se encuentra a una distancia de 1.380 km de Quito y 1.240 km de Guayaquil las ciudades más importantes del Ecuador continental. Al norte [...] la isla de Cocos, que dista 750 km del punto central de la Reserva Marina [...] el Archipiélago Juan Fernández (Chile) se encuentra a 3.950 km de distancia hacia el sur (p. 25).

Las Islas Galápagos son política y legalmente parte del estado de Ecuador. El área total de todas estas islas, incluidas las islas pequeñas y las formaciones rocosas, es de 7,880 kilómetros cuadrados y hoy tienen un poco más de 25,000 habitantes según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2015). Las tres islas más grandes son Isabela, Santa Cruz y San Cristóbal. Por otro lado, hay cientos de islas más pequeñas como Pinta, Marchena, Genovesa, Santa Fe, Floreana, Española, entre las más importantes.

El inventario y registro de todas las unidades terrestres emergidas del Archipiélago, independientemente de su tamaño, adquiere un significado muy especial para su conservación debido a que legalmente todos estos cuerpos de tierra forman parte integrante de las áreas protegidas de Galápagos (p. 27).

Las islas Galápagos son conocidas en todo el mundo por su flora y fauna endémicas, lo que significa que solo se pueden encontrar en estas islas y, por lo tanto, por la importancia de su conservación. El grupo de animales salvajes incluye tortugas gigantes, varios tipos de iguanas, gaviotas, pingüinos de Galápagos, garzas y cormoranes.

Estas islas se hicieron conocidas en todo el mundo a través de la investigación de Charles Darwin sobre la evolución de las especies. Hoy en día, la UNESCO los considera Patrimonio de la Humanidad, una institución en la que se inscribieron en 1978. La situación de peligro para las islas y especialmente para algunas de sus especies se conoce desde 2007.

2.2.2 Problema de la basura marina

La basura marina es un problema importante en los océanos. Algunos científicos advierten que para 2050, la cantidad de plásticos en el océano superará la cantidad de peces. Sin embargo, la Organización Marítima Internacional (OMI) ha tomado medidas para abordar este problema, incluida la regulación de la gestión de residuos de buques y el apoyo a la investigación. En 2018, la OMI adoptó un plan de acción para combatir los desechos plásticos marinos.

La basura marina está compuesta por los plásticos de todas las formas y tamaños, son omnipresentes en nuestros mares y océanos. Se descomponen muy lentamente en el medio marino y pueden durar más de 400 años. La basura marina proviene de una variedad de fuentes y tiene múltiples impactos en el medio ambiente, la salud, la economía, la seguridad y la cultura. Por ejemplo, la basura marina puede dañar a los organismos marinos si se ingiere, o incluso los mamíferos marinos que quedan atrapados en ella mueren.

La ONU define la basura marina como cualquier material sólido, duradero, fabricado o procesado que se descarga, evacua o abandona en un ambiente marino y costero. La basura marina consiste en objetos que fueron fabricados o utilizados por personas que son arrojadas intencionalmente a ríos, mares y playas, arrastradas indirectamente a lo largo de ríos, aguas sucias, aguas

torrenciales, incluido el material perdido en el mar debido al mal tiempo o dejadas intencionalmente por personas en playas y costas.

Se sabe que los desechos marinos, incluidos los plásticos y microplásticos, se propagan en grandes cantidades de fuentes terrestres. Sin embargo, también pueden provenir de barcos. Se encontraron escombros en áreas costeras, en aguas alejadas de fuentes antropogénicas de contaminación, en aguas superficiales, en aguas profundas, en depósitos oceánicos e incluso en la trampa de hielo marino, desde Ecuador hasta los dos Polos.

Según el medio ambiente de las Naciones Unidas, el 15% de los desechos marinos flota en la superficie del mar, otro 15% está en la columna de agua y el 70% permanece en el fondo marino. Según otro estudio, 5.25 millones de partículas de plástico con una masa total de 268,940 toneladas flotan en los océanos.

Además de los problemas de salud y ambientales, los escombros flotantes también representan una amenaza costosa para el transporte marítimo, ya que pueden enredarse en hélices y timones, lo que representa una amenaza para el transporte marítimo. Esta basura es perjudicial para la vida marina: las criaturas pueden quedar atrapadas dentro de contenedores o enredarse en redes y cuerdas. Además, los microplásticos pueden ingresar a la cadena alimentaria si se ingieren.

Los plásticos comunes utilizados en los envases y encontrados en el medio marino son materiales recalcitrantes persistentes. Al igual que otros materiales orgánicos, en última instancia se degradan, pero la velocidad a la que se produce la degradación ambiental es extremadamente lenta para los plásticos. Varias agencias pueden potencialmente provocar la degradación en el medio ambiente (Andrady, 2015).

Los plásticos microscópicos o microplásticos son pequeñas partículas de plástico o fibra que se encuentran cada vez más en el océano. Pueden ser el resultado de procesos de fragmentación de productos más grandes, especialmente cuando se exponen a la luz solar. También se pueden hacer específicamente para fines industriales o comerciales específicos. Se estima que la simple felicidad puede resultar en que 100,000 partículas de plástico ingresen a los océanos.

Se encontraron microplásticos distribuidos sobre los océanos, las costas, las aguas superficiales y los sedimentos del fondo del lecho marino, desde el Ártico hasta la Antártida. Se pueden acumular en lugares remotos, como giros en el medio del océano, así como cerca de asentamientos, rutas de navegación y otras fuentes importantes.

Los peces y los mariscos se tragan microplásticos, y recientemente se han encontrado muestras en varias especies comerciales en varios puntos de venta. Se necesita más investigación para determinar si los microplásticos representan un riesgo para la seguridad alimentaria.

El plástico en los nidos de pájaros como pinzón, además de las tortugas marinas y los albatros, que contienen esta sustancia en el estómago. Y los restos de bolsas de plástico y cuerdas en las heces de las tortugas terrestres. Estos son los primeros resultados de un estudio realizado hace dos años por Juan Pablo Muñoz Pérez, investigador del Centro de Ciencias de Galápagos en la Universidad de San Francisco en Quito, junto con la Dirección del Parque Nacional Galápagos, sobre el impacto de la basura marina en especies de Archipiélago.

La basura en los océanos se encuentra en todo el mundo, pero es más propensa a las reservas ecológicas. Las islas Galápagos tienen una de las áreas marinas más grandes y estrictamente protegidas del planeta, las cuales se encuentran influenciadas por varios frentes o corrientes de todo el mundo que transportan todo tipo de basura al Archipiélago, especialmente las de plástico.

Anualmente, entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas métricas de residuos plásticos se entregan al mar debido a la mala gestión de los residuos, principalmente de los países costeros. Los investigadores encontraron que la densidad promedio de los desechos plásticos en el mar es de 8 millones de toneladas métricas. Además, se enfatiza que, sin mejoras en el manejo de desechos, la cantidad acumulada de estos desechos que ingresan al océano aumentará 50-100 veces para 2025.

En el Archipiélago, el problema está creciendo, hay varios lugares donde se recolecta basura, se puede decir que estos son grupos de playas donde llega

la basura, porque estos son lugares que nadie visita, no son destinos turísticos, muy lejos, los pescadores no los usan. Estas playas, con tiempo y rumbo, están llenas de basura, en su mayoría de plástico.

Hace casi 30 años, la OMI fue la primera agencia en prohibir la evacuación de plásticos al mar. El Anexo V del Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques (MARPOL) prohíbe el vertido de todos los tipos de basura en el mar desde los barcos, excepto lo expresamente permitido que no sea perjudicial para el medio marino.

Las reglas para la prevención de la contaminación por la basura de los barcos entraron en vigor internacionalmente en 1988. Hoy, más de 150 países han firmado el Anexo V de MARPOL. También en el Anexo V de MARPOL se aplica a todos los buques de cualquier tipo que operen en el medio marino.

El Anexo V de MARPOL reconoce que ciertas áreas marinas requieren un mayor grado de protección y pueden identificarse como zonas especiales, en estas áreas existe una prohibición absoluta del vertido de plásticos.

2.2.3 Basura marina plástica

Se define como el conjunto de materiales hechos a base de plástico, que se encuentran en el mar, existen grandes extensiones de mar incluso islas de basura, donde mamíferos y demás especies que hacen vida en el agua se encuentran afectadas, causándoles daño e incluso la muerte, según Rojo & Montoto (2017):

Las basuras marinas se encuentran presentes a lo largo y ancho del planeta, y son una amenaza para los ecosistemas de agua dulce y los marinos, tanto costeros como de aguas abiertas [...] engloba cualquier material manufacturado o procesado sólido y persistente, eliminado o se abandona en la costa o en el mar (p. 4).

El continuo abandono y/o desecho de plásticos tiene un gran impacto mundial, por lo que es necesario contemplar diferentes estrategias de uso o reutilización de esta basura posterior a su recolección, por esta razón se conoce que la basura marina plástica posee excelentes propiedades

mecánicas (peso ligero, resistencia y durabilidad) hace del plástico uno de los materiales con mayor demanda a nivel global.

Contrariamente, estas propiedades beneficiosas simultáneamente tienen efectos muy negativos, ya que hacen que los plásticos sean extremadamente resistentes a la degradación. Esto complica su eliminación cuando su uso ha finalizado, lo que genera que la basura plástica se mantenga en el medio ambiente durante décadas o incluso siglos (Loakeimidis, C.; Fotopoulou, K. ; Karapanagioti, H. ; Geraga, M.; Zeri, C.; Papathanassiou, E.; Galgani, F.; Papathroodorou, G. 2016).

La degradación del plástico depende del medio en el que se desecha: en medios terrestres el plástico puede tardar en degradarse muchos años, mientras que en medios marinos los plásticos se desintegran durante décadas, debido a varios factores como los rayos ultravioletas, corrosión debido al agua salada o los gradientes de temperatura (Loakeimidis, *et al.* 2016).

La descomposición de los plásticos en el océano produce pequeñas partículas llamadas microplásticos. Una partícula puede ser considerada como microplástico cuando su tamaño sea menor a 5 mm, (Da Costa, Santos, Duarte & Rocha-Santos, 2016).

Según el estudio realizado por Villafañe (2018) al hacer realizar pruebas con las muestras de plástico, obtuvo lo siguiente:

La pérdida de propiedades mecánicas en los plásticos debido a su exposición al agua es mínima después de un año [...] se produce mayor degradación cuando las muestras se tratan en un tanque con agua, ya que en el medio ambiente el barro o la suciedad tienden a adherirse al plástico, lo que da lugar a una menor tasa de degradación (p. 39).

La degradación por luz ultravioleta permite analizar la influencia de la luz solar en los materiales plásticos [...] la luz UV rompe las cadenas que forman el polímero, causa una pérdida en la densidad molecular, y al mismo tiempo una pérdida en la masa del material, que provoca un descenso de la resistencia mecánica (p. 40)

En relación a lo anteriormente expuesto, se tiene que la degradación se puede dar de diferentes formas, como se observa existe la degradación por agua y rayos UV, además de estos también se encuentra la degradación térmica, cualquier que sea el caso se puede señalar que la degradación es variable, por lo que depende de las condiciones y el tiempo de permanencia del material.

Es importante señalar que existe microplásticos imposible de retirar de los océanos, y esto se ha transformado en un gran problema socioambiental, ya que el plástico está llegando a formar parte de la cadena alimenticia de algunas especies, de las que posiblemente las personas se alimenten en el futuro.

2.2.4 Costos ambientales en las islas Galápagos

La conservación de un ecosistema único en el mundo como son las islas Galápagos se está viendo afectada, debido a que residuos provenientes de América Central, del Sur y Asia se están acumulando en el Archipiélago a causa de las corrientes marinas. Toneladas de plástico son empujados por estas trayectorias oceánicas hasta ser ingeridos por la fauna de las islas (Redacción La Vanguardia, 2018).

La basura plástica se balancea acumulada frente a las costas, colinda con las zonas de descanso de animales, algunos en peligro de extinción. Esta basura se filtra incluso entre las grietas de la lava petrificada de las islas Encantadas declaradas Patrimonio Natural de la Humanidad y ha llegado con las olas, a costas insulares donde no existen personas, pero ya hay basura.

Las autoridades de Galápagos, en difíciles condiciones recogen basura plástica marina para evitar que se siga degradando y se convierta en microplástico, la transportan a Puerto Ayora donde se acopia, para luego enviarla al continente para su disposición final.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA, en marzo de 2018 hizo un llamado desde Baltra en el Archipiélago, a combatir la contaminación de los mares por plásticos, y consideró alarmante que los plásticos hayan invadido lugares tan remotos y paradisíacos como las

Galápagos, de acuerdo a esto la Organización de las Naciones Unidas (2018), señala:

Se calcula que anualmente se vierten en los mares del mundo hasta 13 millones de toneladas de plástico, de las cuales la mitad corresponde a plásticos desechables como bolsas y sorbetes, que pueden permanecer en el medio ambiente hasta por 500 años (p. 4)

En consecuencia, a lo anteriormente expuesto se conoce que el Ecuador realiza esfuerzos por avanzar hacia un nuevo modelo de desarrollo, en donde no exista contaminación en las inmediaciones de sus costas, para así poder mantener la calidad de vida de más de 2 000 especies que solo viven en este lugar y cuya supervivencia depende mayoritariamente del mar.



Figura 1. - Lobos marinos bebés juegan con basura plástica arrastrada por corrientes oceánicas hacia las islas Galápagos

Fuente: Diario La Hora, 2018



Figura 2. - Hábitat de lobo marino afectada por la presencia de basura arrastrada por corrientes oceánicas hacia las islas Galápagos
Fuente: Alminuto.com, 2018



Figura 3. - Iguana Marina endémica de las islas Galápagos se alimenta de la basura plástica arrastradas por corrientes oceánicas
Fuente: The Guardian, Plastic in Paradise, 2019



Figura 4. - Cormorán no volador, endémico de las islas Galápagos hace nido en basura plástica arrastrada por corrientes oceánicas hacia el archipiélago
Fuente: Diario El Comercio, 2019

2.2.5 Corrientes marinas e islas de basura en el mar

Las islas de basura son extensiones de gran tamaño conformadas por diferentes plásticos que llegan libres al mar, esta acumulación de basura es tan grande, que los ambientalistas pidieron a las Naciones Unidas que declaren esta masa de desechos como si un país y lo llamen islas de basura. Según Elías (2015):

En el norte del Océano Pacífico flota una masa de fragmentos de plástico llamada comúnmente como “El parche de basura del Pacífico Norte”. El término parche es un nombre equivocado, pues es tal la extensión de este parche que su tamaño es indeterminado (p. 85)

La mayor parte del cúmulo de basura reside en objetos grandes, mientras que una pequeña parte de la masa corresponde a microplásticos o piezas de menos de cinco milímetros, que pueden venir de diferentes países del Asia. Por un lado, debe tenerse en cuenta el riesgo que representan las pequeñas zonas de residuos. Los microplásticos de menos de cinco milímetros de tamaño pueden ingresar a la cadena alimentaria cuando los peces ingresan

al cuerpo. Estos pequeños elementos constituyen la mayor parte de este grupo de plástico.

Otros impactos ambientales están asociados con desechos más grandes, especialmente la pesca. Grandes fragmentos matan la vida marina al pescar y otros animales como las tortugas. Este fenómeno se llama "pesca fantasma" en la comunidad científica.

Al contrario de lo que se creía desde que se descubrieron por primera vez a fines de la década de 1990, el tamaño de estas islas no era tan grande como se indicaba. Al principio, los escombros en la tierra amenazan la vida acuática, como lo aseguraron varias agencias e investigadores quienes, sin embargo, advierten sobre un grave riesgo para los ecosistemas marinos y la vida de miles de animales.

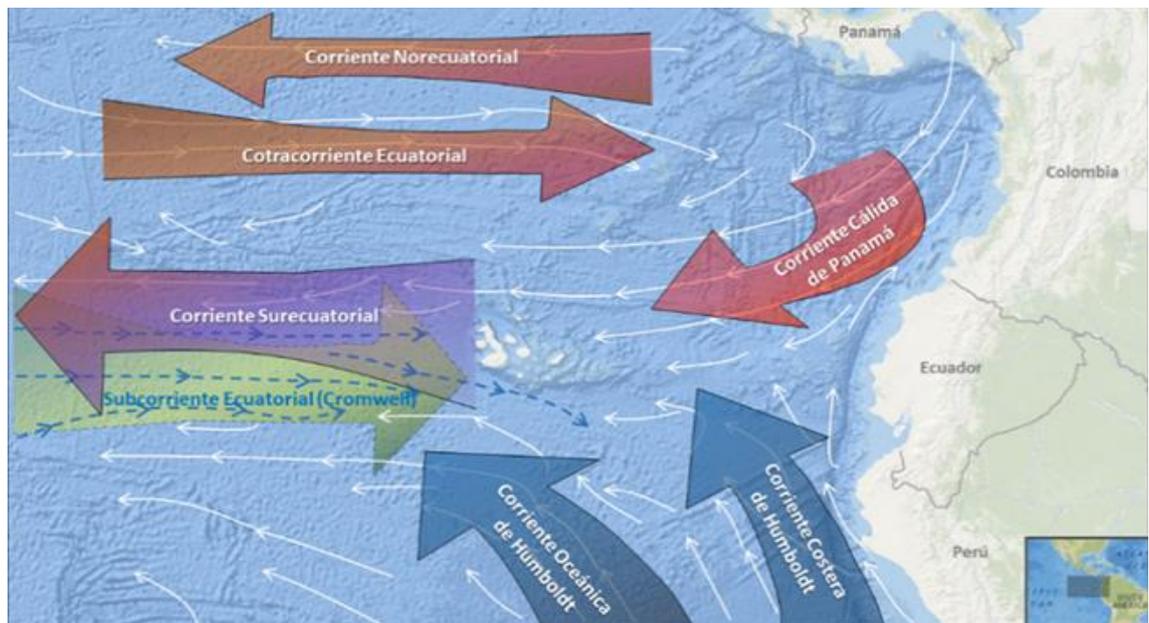


Figura 5. - Dirección de las corrientes oceánicas que arrastran basura plástica hacia las Islas Galápagos

Fuente: Pinto, 2016

2.2.6 Plástico

2.2.6.1 Generalidades

El término plástico proveniente del griego “*plastikos*” que significa que se puede moldear mediante calor. Se refiere a la maleabilidad, o plasticidad, del material durante la fabricación, lo que permite fundirlo, prensarlo o extrusionarlo para obtener diferentes formas.

Plástico es el término habitual para describir una amplia gama de materiales sintéticos o semisintéticos que se utilizan para una inmensa cantidad de aplicaciones (Rodríguez, 2015). Las materias primas que se utilizan para producir plástico son productos naturales como la celulosa, el carbón, el gas natural, la sal y, por supuesto, el petróleo.

Actualmente, el planeta se encuentra en la era del plástico (Cózar, Echevarría, González-Gordillo, Irigoien, Úbeda, Hernández-León, Palma, Navarro, García-de-Lomas, Ruiz, Fernández-de-Puelles & Duarte, 2014). El plástico forma parte de nuestra vida cotidiana y la mayor parte de los objetos a nuestro alrededor están hechos de este material. La producción de plásticos ha aumentado de forma dramática, superando la mayoría de los demás materiales fabricados por el hombre (Geyer, Jambeck, & Law, 2017).

Además, sus excelentes propiedades mecánicas (peso ligero, resistencia y durabilidad) hacen del plástico uno de los materiales con mayor demanda a nivel global.

2.2.6.2 Huella del plástico en la humanidad

El surgimiento de los plásticos en la segunda mitad del siglo XX, como un elemento material de la vida moderna y un creciente contaminante ambiental, ha sido ampliamente descrito. Su distribución en los reinos terrestres y marinos sugiere que son un indicador geológico, un componente estratigráfico distintivo, Schlossberg (2017) señala:

La mayoría del plástico que se ha fabricado ya no se utiliza: desde 1950, se han desechado cerca de 6300 millones de toneladas métricas [...] de las

cuales aproximadamente el 60% se encuentra desperdigado en el medio ambiente (p. 9)

Los productos plásticos pueden transitar grandes extensiones de kilómetros, mismas distancias que pueden juntar basura de diferentes latitudes, lo que produce que estas queden atrapadas en algunas zonas sin corriente oceánica o pueden llegar a costas de otros países, también pueden hundirse en el mar, por lo que la composición de los diferentes productos elaborados de plástico posee diferentes densidades.

La descomposición de los plásticos en el océano produce pequeñas partículas llamadas microplásticos. Una partícula puede ser considerada como microplástico cuando su tamaño sea menor a 5 mm (Da Costa, Santos, Duarte & Rocha-Santos, 2016).

2.2.6.3 Clasificación de plásticos según su codificación

Los plásticos se encuentran caracterizados según un Código de Identificación de Plásticos, el cual es un sistema utilizado internacionalmente en el sector industrial. Este código fue implementado por la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI por sus siglas en ingles) en el año de 1988.

Los diferentes tipos de plástico se clasifican con números del 1 al 7 ubicado dentro del signo de reciclado mundial (triángulo de flechas). A continuación, se detallan los diferentes tipos y cuáles son sus principales características.



Figura 6. - Codificación de plásticos según la Sociedad de Industrias de los Plásticos.
Fuente: gestoresderesiduos.org , 2016

PET (Polietileno tereftalato). - El PET es un material plástico ampliamente utilizado que es liviano, fuerte y a menudo transparente. Es común en el envasado de alimentos, incluidas las botellas de agua de plástico, y también en telas, como el poliéster. A veces, un producto se etiquetará con rPET, lo

que significa, que el material utilizado en el producto es PET reciclado. (Sociedad de las industrias de los plásticos, 2016)

PEAD (Polietileno de alta densidad). - El polietileno es el plástico más común del mundo, la versión de alta densidad (PEAD) es la más fuerte de las tres y se usa con mayor frecuencia en el envasado de alimentos. El PEAD a menudo se selecciona por su resistencia y, en particular, su resistencia a la humedad, lo que lo hace ideal, tanto para almacenar leche como para aplicaciones más rigurosas, como tuberías y madera plástica, que pueden resistir años de intemperie por lluvia y cambios de temperatura (Sociedad de las Industrias de los Plásticos, 2016)

PVC (Cloruro de polivinilo). - El PVC es un material increíblemente duradero que es resistente a la intemperie, por eso se usa con tanta frecuencia en aplicaciones de construcción. También es resistente a los productos químicos y no conduce electricidad, por lo que es crucial para su uso en aplicaciones de alta tecnología, como cables y alambres. Hoy en día se usa ampliamente en aplicaciones médicas porque es impermeable a los gérmenes, se limpia fácilmente y proporciona aplicaciones de un solo uso que reducen las infecciones en la atención médica. (Sociedad de las Industrias de los Plásticos, 2016)

PEBD (Polietileno de baja densidad). - es una versión más suave, más clara y más flexible de PEAD, y también tiene sus propios puntos fuertes. A menudo se usa como revestimiento dentro de los cartones de jugo y leche, y se usa en superficies de trabajo resistentes a la corrosión y otros productos, como anillos de seis paquetes y envoltorios de plástico. El PEBD se encuentra en bolsas de supermercado, de pan, plástico para envolver (Sociedad de las Industrias de los Plásticos, 2016).

PP (Polipropileno). - El PP es más resistente al calor que algunos otros plásticos, por lo que es ideal para su uso en el envasado de alimentos y el almacenamiento de alimentos que está hecho para contener elementos calientes o calentarse.

Es otro plástico que es químicamente inerte y duradero, particularmente cuando un producto necesita abrirse, cerrarse o doblarse, como una bisagra repetidamente (piense en una caja de DVD). El PP se estira para permitir al consumidor acceder a un producto en su interior, pero conserva su forma y resistencia durante mucho tiempo (Sociedad de las Industrias de los Plásticos, 2016).

PS (Poliestireno). - El PS se encuentra en tazas desechables de bebidas calientes y bandejas de carne. El PS puede reciclarse en viguetas de plástico, cajas de cintas para casetes y macetas. (Sociedad de las Industrias de los Plásticos, 2016).

Otros tipos de plástico. - Generalmente indica que es una mezcla de varios plásticos. Algunos de los productos de este tipo de plástico son: Estos plásticos no se reciclan porque no se sabe con certeza qué tipo de resinas contienen.

2.2.6.4 Características de los plásticos

El plástico es omnipresente. Se puede encontrarlo en el envasado de alimentos, incluso como ingrediente en cosméticos, en textiles para la ropa, en materiales de construcción, juguetes y en una variedad de utensilios y artículos.

Los siguientes datos y ejemplos para este gran problema reflejan la contaminación causada por el plástico de acuerdo a Estévez (2019):

- 8 millones de toneladas de basura al año llegan a los mares y océanos.
- Esta cantidad es equivalente al peso de 800 Torre Eiffel para cubrir la isla Manhattan de 34 veces o el peso de 14,285 aviones Airbus A380.
- Cada segundo, más de 200 kg de basura ingresan a los océanos.
- Se desconoce la cantidad exacta de plástico en los mares, pero se estiman aproximadamente 5-50 mil millones de fragmentos de plástico, sin incluir piezas en el fondo del mar o en las playas.
- El 80% proviene del continente.

- El 70% se encuentra en el fondo marino, el 15% en la columna de agua y el 15% en la superficie. Lo que se observa es solo la punta del iceberg.
- Hay 5 islas de basura, formadas principalmente por microplásticos de ellas están en el Océano Pacífico, 2 en el Atlántico y 1 en el Océano Índico (p. 1).

Según Estévez (2019), el incremento de la contaminación se observa a diario, en diferentes acontecimientos mundiales catalogándolo, así como un grave problema mundial de acuerdo a las siguientes cifras:

- Esto significa que más de 500 millones de toneladas por año, y la mitad de este aumento ocurrirá solo en la última década.
- Todos los días, 30 millones de latas y botellas salen de España.
- En España, el 50% de los plásticos que caen en los sistemas de gestión de residuos van a los vertederos sin procesamiento.
- La producción mundial de plásticos ha aumentado considerablemente en los últimos 50 años, especialmente en las últimas décadas.
- Entre 2002 y 2013, aumentó en un 50%: de 204 millones de toneladas en 2002 a 299 millones de toneladas en 2013.
- China es un productor líder de plásticos, seguido de Europa, América del Norte y Asia (excluyendo China).
- En Europa, más de dos tercios de la demanda de plásticos se concentra en cinco países: Alemania (24.9%), Italia (14.3%), Francia (9.6%), Gran Bretaña (7.7%) y España (7,4%).
- Existen muchos tipos de plásticos, aunque cuatro tipos principales dominan el mercado. Ejemplos de estos tipos de plástico:
- Polietileno (PE): bolsas de plástico, láminas y películas de plástico, recipientes (incluidas botellas), microesferas cosméticas y productos abrasivos.
- Poliéster (PET): botellas, recipientes, ropa y películas de rayos X
- Polipropileno (PP): electrodomésticos, muebles de jardín y componentes de automoción.
- Cloruro de polivinilo (PVC): tuberías y accesorios, válvulas y ventanas.

- La mayoría de los plásticos se utilizan en la fabricación de envases, es decir, en productos desechables nocivos.
- En particular, en Europa, la demanda de plásticos para embalaje en 2013 fue del 39%, y en España, del 45% (p. 2).

2.2.6.5 Proceso de fabricación del plástico.

La fabricación del plástico como cualquier otro tipo de fabricación se encuentra constituido en cuatro fases básicas, iniciando con la obtención de la materia prima, posterior a ello la síntesis del polímero básico para obtener el polímero como producto industrialmente utilizable, de allí se concluye con el moldeo y deformación del plástico para lograr su forma definitiva. Los pasos ya mencionados serán descritos a continuación (Auza & Encinas, 2018):

Materias primas. - Estas se originan del petróleo, exactamente de sus derivados, por esta razón resulta ser más económica y a su vez abundante, pese a ello en la actualidad se realiza búsquedas de nuevas fuentes, una de dichas fuentes es la gasificación del carbón, tal como lo indica Auza & Encinas (2018):

En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaban a partir de resinas de origen vegetal, como la celulosa (del algodón), aceites de semillas y derivados del almidón o del carbón. La caseína de la leche era uno de los materiales no vegetales utilizados (p. 2).

Con el paso de los años se ha utilizado, la producción de plástico se ha convertido en parte importante de la industria, no solo por sus múltiples usos sino, además por brindar una solución inmediata a diferentes sectores del comercio, alimentos, automotriz entre muchos otros, situación que genera un consumo excesivo de este material y que se evidencia en contextos donde el daño que causa puede catalogarse como grave.

| Antiguas materias primas para la elaboración de plásticos | | | |
|--|---|------------------------------|---|
| <i>Resina vegetal</i> |  | <i>Derivados del carbón</i> |  |
| <i>Celulosa de algodón</i> |  | <i>Aceites de semillas</i> |  |
| <i>Furfural (cascara de la avena)</i> |  | <i>Derivados del almidón</i> |  |

Figura 7. - Materiales empleados en el pasado para la elaboración de plásticos
Fuente: Auza & Encinas (2018)

Síntesis del polímero. - Para la fabricación del plástico e incluso para los objetivos que se derivan de este es necesario el polímero, para que esto ocurra hay dos métodos básicos, Auza & Encinas (2018) manifiestan lo siguiente:

Los dos métodos básicos de polimerización son las reacciones de condensación y las de adición. Estos métodos pueden llevarse a cabo de varias maneras. En la polimerización en masa se polimeriza sólo el monómero, por lo general en una fase gaseosa o líquida, si bien se realizan también algunas polimerizaciones en estado sólido (p. 3).

La realización de la polimerización es esencial para crear la sustancia que dará origen a diferentes productos, siempre que su procesamiento sea óptimo y adecuado para su posterior procesamiento.

Aditivos. - Para la creación del plástico es importante saber que químicos se pueden emplear y para ello están los aditivos. Estos permiten que el plástico pueda alcanzar alguna propiedad en específico, también pueden proteger el producto de ciertas reacciones propias de la naturaleza. Auza & Encinas (2018) señalan: “De una forma parecida, los estabilizadores lo protegen de la intemperie. Los plastificantes producen un polímero más flexible, los lubricantes reducen la fricción y los pigmentos colorean los plásticos. Algunas sustancias ignífugas y antiestáticas se utilizan también como aditivos” (p. 4).

Existen casos en el cual se emplea material compuesto y esto se puede aportar resistencia, la fibra de vidrio o de carbono son uno de los materiales que contribuyen a ello, gracias a estos materiales adicionados es posible que el plástico alcance resistencia y estabilidad tanto como los metales sin afectar su peso, por lo que se mantiene ligero el plástico.

Forma y acabado. - La última fase es la más interesante por lo cual se puede dar forma y a su vez, proporciona modelos que brindan mayor utilidad, para que esto se pueda llevar a cabo se debe emplear diferentes operaciones y dentro de estas existe la de extrusión. Auza & Encinas (2018) explican: “Una máquina de extrusión consiste en un aparato que bombea el plástico a través de un molde con la forma deseada. La máquina de extrusión también realiza otras operaciones, como moldeo por soplado o moldeo por inyección” (p. 5) Cualquiera de las operaciones permite obtener el producto.

Existe también otros tipos de moldeos, como lo es a la compresión, este se desarrolla aplicando presión, por lo que el plástico es forzado a ajustarse a una forma exacta, otro de ellos es el moldeo por transferencia, este consta de un consta de un pistón que incorpora el plástico fundido en un molda a presión, Auza & Encinas (2018) explica que existe 3 factores importantes de lo cual depende el plástico:

Las técnicas empleadas para conseguir la forma final y el acabado de los plásticos dependen de tres factores: tiempo, temperatura y deformación. La naturaleza de muchos de estos procesos es cíclica, si bien algunos pueden clasificarse como continuos o semicontinuos (p. 5).

Así como el plástico están sujetos a factores para poder ser trabajados, también existe algunos de estos plásticos que ameritan una fabricación especial, esto se debe a la necesidad de una elevada resistencia a la temperatura, por ello se debe hacer uso de técnicas especiales.

2.2.7 Proceso de reciclaje del plástico

Para poder clasificarse los plásticos es necesario poder identificar el tipo de resina a la que pertenece, para conocer con que resina fue creado se emplea infrarrojos, e esta manera se pueden separar y triturarlos, lo que permite que las impurezas se eliminen, posterior a ello se funde nuevamente y se fracciona en pequeñas esferas que se emplean para fabricar otros productos. Dentro de los procesos de reciclaje existen 2 tipos, el mecánico y el químico, ambos brindan buenos resultados (Auza & Encinas, 2018).

Reciclaje mecánico. - Se caracteriza por ser un método muy detallado, puesto que separa los plásticos según su clase, los lava, tritura y los convierte en pequeñas porciones, las mismas que permiten sean fundidas en moldes para crear nuevos productos (Auza & Encinas, 2018).

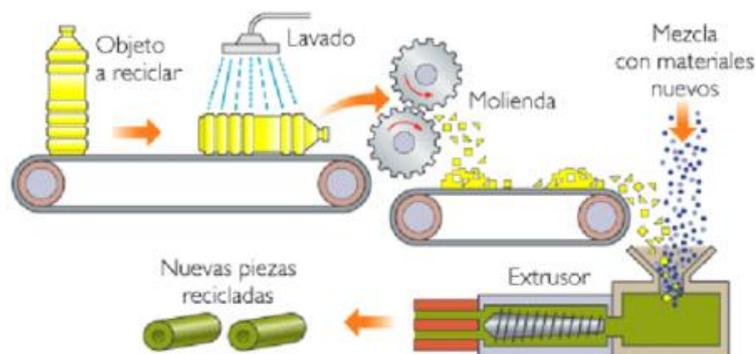


Figura 8. - Proceso de reciclaje mecánico
Fuente: Auza & Encinas (2018)

Reciclaje químico. -Se distingue por la degradación que el ocurre al plástico, para ello, es necesario que este se origine por medio del calor y así crear moléculas simples (Auza & Encinas, 2018).

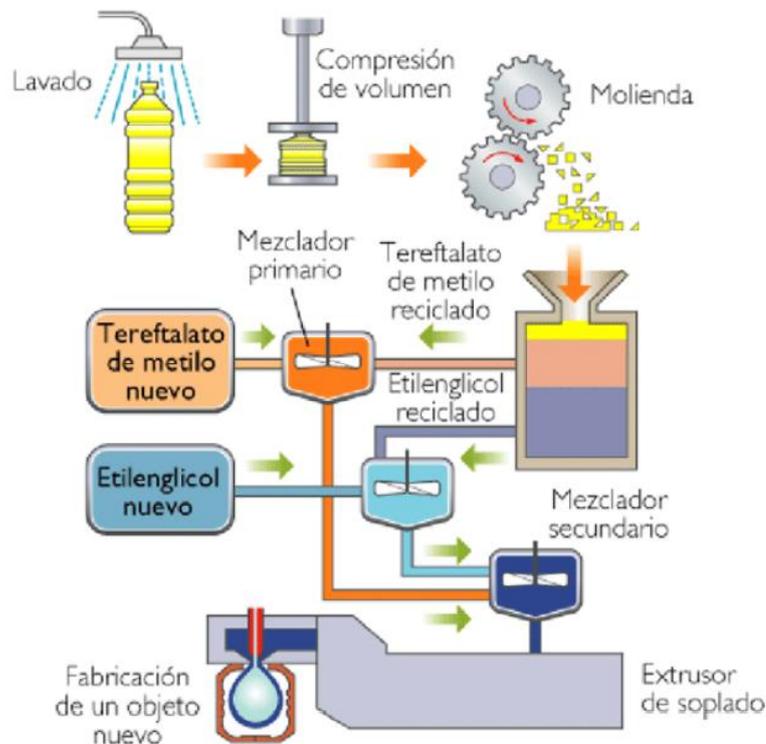


Figura 9. - Proceso de reciclaje químico
Fuente: Auza & Encinas (2018)

2.2.8 Trituración de plástico

La trituración es un proceso fundamental para procesar los plásticos recolectados, lo que realiza la trituración es la reducción del material, el tamaño que se utiliza está comprendido entre 1 metro a 1 centímetro, la trituración posee 3 tipos; la primaria comprende una medida de 1m a 10cm, la secundaria de 10cm a 1cm y la tercera o final es de 10cm a 0,4cm, así como existen tipos de trituración también existe 3 tipos de molienda; el primero comprende la rotación alrededor de su propio eje, el segundo la caída en torrente y la caída en cascara.

Además de esto se tiene que, para el buen funcionamiento del proceso de trituración se hace uso de fuerzas diferentes, para reducir el tamaño del plástico se emplea la compresión. el cizallamiento, el impacto y también la abrasión, esto sin olvidar que es importante que cada equipo de trituración

debe tener al menos una técnica de anti-regulación, sea anti – desgaste, regulación de la granulometría y no sean triturables (Chimborazo, 2016).

2.2.8.1 Tipos de trituradoras.

Mandíbulas de doble efecto o “Blake”. - Consiste en el empleo de dos mandíbulas una fija y otra móvil con el fin de granular el material, el motor trasmite la fuerza a la mandíbula por medio de dos tejas, tal como se le denomina, esto para aumentar las fuerzas. Este tipo de mandíbula forma parte del sistema anti triturables, su factor de reducción es de 0,5, lo que lo hace resistente a la abrasión, sin embargo, no puede trabajar materiales pegajosos por lo que podría impedir la salida del material (Chimborazo, 2016).



Figura 10. - Trituradora de mandíbulas de doble efecto o "Blake"
Fuente: Chimborazo, 2016

Molino de discos. - Esta maquinaria está diseñada con cilindros lisos enfrentados y la vez separados a una distancia prudente, su funcionamiento se basa en giros de sentido contrarios a los motores autónomos, pero con la misma velocidad, para evitar el desgaste de los rodillos tiene una protección de acero al magnesio, uno de los rodillos va sobre los muelles para darle seguridad al equipo, mientras el otro se instala sobre tornillos que permiten regular su posición. El material entra a la máquina por medio de rodillos de compresión, pueden utilizarse completamente llena o en finas capas, lo que permite producir pocos finos, pero con una producción menor, en cuanto a su reducción esta se encuentra entre 3 a 4 veces la cantidad (Chimborazo, 2016).



Figura 11. - Molino de discos
Fuente: Chimborazo, 2016

Rodillo único y placa o rodillos dentados. - Su funcionamiento se basa en atrapar por medio de sus picos el material, para así desintegrarlo y poder pasarlo por el rodillo y la placa, debido a los esfuerzos para el cual fue diseñado el equipo y sus dientes se debe utilizar materiales blandos (Chimborazo, 2016).

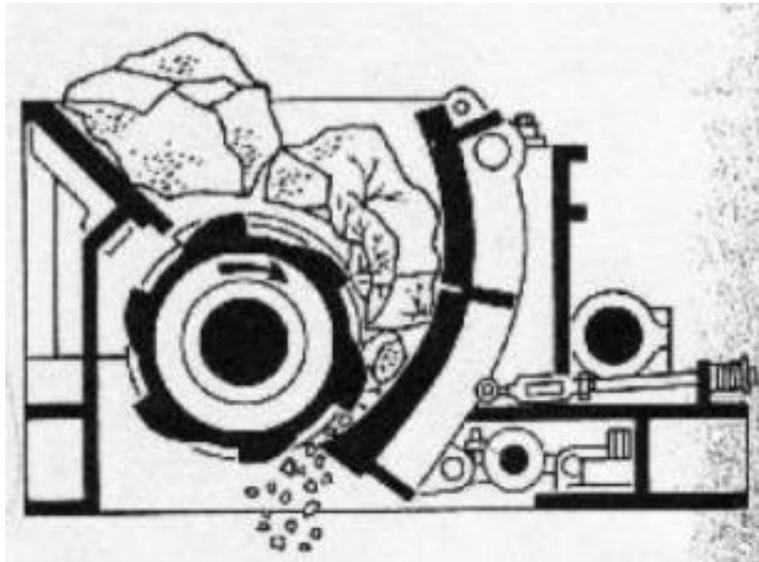


Figura 12. - Trituradora de rodillos dentados o rodillo único y placa
Fuente: Chimborazo, 2016

Rodillos dentados. - A diferencia del anterior, esta emplea rodillo y dientes, este último son ubicados de forma alterna en el rodillo para poder picar el material, funciona como una especie de tamiz que ayuda a pasar más rápidamente los diferentes tamaños, su trituración se realiza por tracción empleando los dientes y también por la compresión cuando el material pasa en medio de los rodillos, existen diferentes capacidades por ello su elección debe estar ajustada al grano máximo a triturar (Chimborazo, 2016).

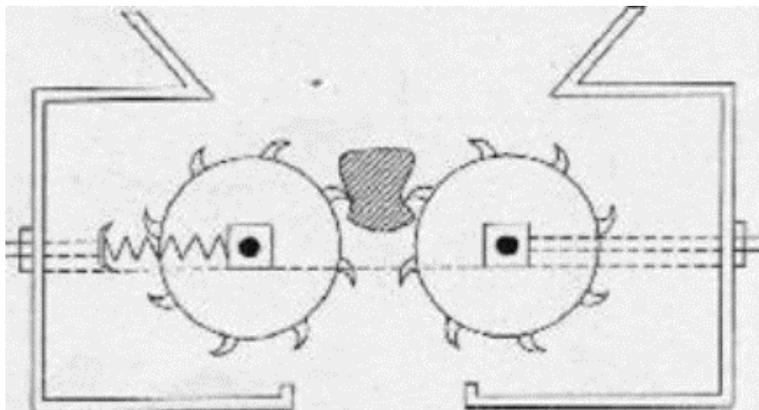


Figura 13. - Rodillos dentados
Fuente: Chimborazo, 2016

Máquinas cortadoras rotativas. - Este equipo se destaca por poseer una cámara de corte extenso, esto permite que atraviese un eje con porta cuchillas, las mismas que se encuentran distribuidas de manera uniforme en toda la longitud de manera perpendicular al mismo eje, de ser necesario puede tener un ángulo pequeño de inclinación. Este eje alcanza grandes velocidades, lo que permite se puede alinear de forma horizontal e incluso vertical a la cámara, esta última posición es la más ideal por lo que su nivel de eficiencia es mayor (Chimborazo, 2016).



Figura 14. - Máquina cortadora rotativa
Fuente: Chimborazo, 2016

Trituradora de Martillos. - Los martillos se caracterizan por no rotar sobre su propio eje porta martillos lo que señala mayor fuerza en el impacto en la zona periférica de la cámara de trituración, tiene como ventaja emplearse con material seco y húmedo sean duros e incluso frágiles (Chimborazo, 2016).

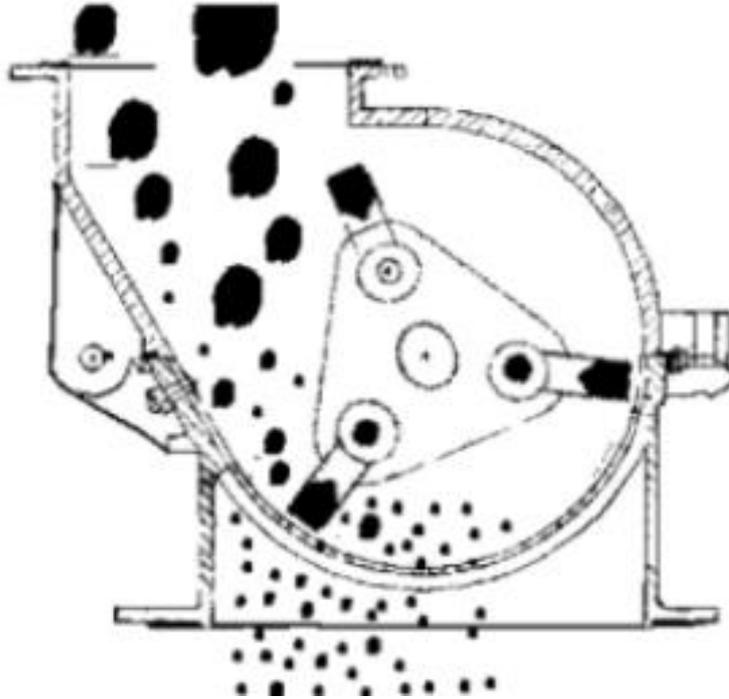


Figura 15.- Trituradora de martillos
Fuente: Chimborazo, 2016

Molino de cuchillos CentriCut. - Este equipo se caracteriza por tener molinos de cuchillas CentriCut que contienen placas pequeñas de metal de acero duro, estas trabajan fácilmente con productos a granel como lo es el caso de botellas plásticas enteras o fracciones de ellas, para alimentar este dispositivo se hace de forma axial, lo que significa que el motor es forzado al rotar el molino por medio de un transportador sinfín de forma horizontal.

El proceso de trituración se produce entre las cuchillas del rotor y el estator, lo que transforma el producto en pequeñas particular molidas, lo que permite ser utilizado inmediatamente y casi en su totalidad por lo que su porcentaje de polvo es muy pequeño.



Figura 16. - Trituradora CentriCut
Fuente: Chimborazo, 2016

2.2.9 Materiales de construcción a base de plástico reciclado

Según Gu & Ozbakkaloglu (2016), solo en el año 2012, se estimó que se habían producido alrededor de 280 millones de toneladas de plástico en todo el mundo. De esa cantidad, cerca de 130 millones de toneladas de los plásticos fueron vertidos o reciclados. De los 150 millones de toneladas restantes, el plástico encontrará su lugar en la vida cotidiana del ser humano. Mientras tanto, el resto de la fracción plástica encuentra su camino final como basura en los océanos o en vertederos.

En relación a lo anteriormente mencionado, los desechos plásticos representan una seria amenaza ambiental para la sociedad moderna porque están compuestos de varios químicos tóxicos y, por lo tanto, el plástico contamina el suelo, el aire y el agua si no se maneja o trata adecuadamente (Muisse, 2016). En consecuencia, cuando la mayor parte del plástico disponible en la actualidad está hecha de fuentes no biodegradables, el relleno de la tierra mediante el uso de plástico significaría enterrar el material dañino durante un período hasta que se degrade naturalmente.

En términos de aplicación de ingeniería civil, el reciclaje de desechos plásticos para ser transformados en materiales de construcción, parece ser una mejor opción para la eliminación alternativa de desechos plásticos. Esto se debe a sus ventajas económicas y ecológicas que pueden sustituir o reemplazar cierta porción de agregado en las dosificaciones. Además, algún método de

alteración de los desechos plásticos podría ser una alternativa como pavimento de concreto liviano con aplicación de baja resistencia.

Existe gran variedad de informes publicados que han estudiado la capacidad de los desechos plásticos mezclados con compuestos a base de cemento como la botella de tereftalato de polietileno (PET) (Bogas, de Brito, & Figueiredo, 2015), tubería de cloruro de polivinilo (PVC) (Binici & Aksogan, 2016), polietileno de alta densidad (HDPE) (Shanmugapriya & Santhi, 2017), residuos plásticos usados, espuma de poliestireno expandido (EPS) (Sayadi, 2016), plástico reforzado con vidrio (GRP), policarbonato, poliestireno reciclado termoplástico (Dalhat & Al-Abdul, 2017), fibra de polipropileno (Yang, 2015) como agregado o mezcla en la fabricación de hormigón.

A continuación, se presentan los principales materiales de construcción a base de plástico reciclado:

2.2.9.1 Ladrillos de plástico

De acuerdo a Hiremath & Shetty (2015), examinaron que el uso eficiente de residuos plásticos en ladrillos de plástico ha dado como resultado un uso eficaz de los residuos plásticos y, por lo tanto, puede resolver el problema de la eliminación segura de plásticos, también evita su desperdicio generalizado y la utilización de residuos de canteras se ha reducido a algunos ampliar el problema de su eliminación.

Los plásticos se producen a partir del petróleo que se considera un recurso no renovable. Debido a que el plástico tiene una insolubilidad de aproximadamente 300 años en la naturaleza, se lo considera un desecho sostenible y un contaminante ambiental. Por lo tanto, reutilizarlo o reciclarlo puede ser efectivo para mitigar los impactos ambientales relacionados con él. Se ha demostrado que el uso de botellas de plástico como materiales innovadores para la construcción puede ser una solución adecuada para el reemplazo de materiales convencionales.

Taaffe, O'Sullivan, Rahman, & Pakrashi (2015), examinaron el Eco-brick, un recurso viable para fines de construcción con una serie de posibles

aplicaciones. Los ladrillos se fabrican con relativa facilidad con peso y embalaje controlados. Los ladrillos ecológicos tienen una resistencia a la compresión relativamente buena, con valores que coinciden con los cubos de concreto básicos. Se observó que el peso del ladrillo ecológico tenía una relación cercana con la carga en la falla y con la resistencia específica. Los ladrillos ecológicos tienen una resistencia específica relativamente buena. Son ligeros pero fuertes por el peso que soportan.



Figura 17. - Ladrillos de plástico
Fuente: Momarandu.com, 2018

2.2.9.2 Hormigón ecológico

Al mezclar concreto con plástico reciclado, las partículas plásticas más pequeñas parecen minimizar la pérdida de resistencia a la compresión en comparación con las partículas grandes. Sin embargo, para Thorneycroft, Orr, Savoikar, & Ball (2018), calificar el tamaño de las partículas para incluir algunas pequeñas y otras grandes puede ser igualmente efectivo ya que se puede lograr un empaquetamiento más eficiente de las partículas. Al tratar las partículas de plástico para mejorar la unión física y química con la matriz de hormigón, se pueden minimizar las pérdidas de resistencia a la compresión.

Ahora bien, siendo el hormigón después del agua, el segundo material más utilizado en el planeta, su emisión de dióxido de carbono a nivel mundial es de 8%. (Rodges, 2018) Por ello, el reemplazar incluso una pequeña porción de concreto con plástico irradiado podría ayudar a reducir la huella de carbono global de la industria del cemento.

2.2.10 Infraestructura sostenible

Desde los primeros intentos de evaluar el impacto ambiental de la infraestructura a fines de la década de 1980, el campo de la infraestructura sostenible ha ido ampliando gradualmente su alcance desde la construcción verde, a la infraestructura verde y desde la sostenibilidad ambiental, hasta el triple fondo-línea de sostenibilidad económica, social y ambiental (Ferrer, Thomé, & Scavarda, 2018).

La infraestructura verde es "un mosaico de áreas naturales que proporciona hábitat, protección contra inundaciones, aire más limpio y agua más limpia"; se relaciona principalmente con los "sistemas de gestión de aguas pluviales que imitan la naturaleza, absorben y almacenan agua" (Hák, Janoušková, & Moldan, 2016). El desarrollo sostenible como se indica en el trabajo de Thomé, Scavarda, L. & Scavarda, A. (2016) es "desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (pp. 408 – 420):

Aunque la construcción verde y la infraestructura ecológicas a menudo se relacionan indistintamente con temas de la infraestructura sostenible, tienen diferentes significados. Kibert (2016) definió construcción verde como "... instalaciones saludables diseñadas y construidas de manera eficiente en el uso de recursos, utilizando principios ecológicos". Infraestructura ecológica se define "como sistemas naturales y seminaturales planificados y gestionados que proporcionan productos y servicios ambientales, beneficios sociales, económicos o de salud" (Khatib, 2016, p. 13)

La infraestructura sostenible, apoya los edificios, las obras de ingeniería y la infraestructura que son esenciales para la supervivencia de la sociedad (Sánchez, 2018). En consecuencia, los temas de infraestructura sostenible son de la mayor relevancia para el bienestar de las personas, la economía y la tierra, lo que incluye consideraciones sobre los peligros naturales.

En resumen, la infraestructura sostenible se refiere al diseño, construcción y operación de elementos estructurales de manera que no disminuyan los procesos sociales, económicos y ecológicos necesarios para mantener la equidad humana, la diversidad y la funcionalidad de los sistemas naturales.

2.2.11 Infraestructura ecológica

La infraestructura ecológica ve los sistemas urbanos como sistemas adaptativos complejos; cuya sostenibilidad y resistencia surgen de las complejas interacciones y coevolución de la infraestructura interdependiente de ingeniería, ecológica y socioeconómica de una ciudad a través del tiempo y el espacio. La inclusión de la socioeconomía en la infraestructura ecológica es crucial ya que esta actúa como el impulsor de la decisión detrás del diseño, la operación y el uso de los sistemas de infraestructura urbana (Pandit, *et. al*). Además, los sistemas de infraestructura urbana comparten muchos puntos en común con los sistemas ecológicos.

El paradigma actual del desarrollo del sistema de infraestructura urbano (SIU) no está en el camino más sostenible. Con la masiva necesidad inminente de SIU, una trayectoria sostenible y resistente de desarrollo de SIU es de necesidad inmediata.

El concepto de infraestructura ecológica puede proporcionar a los responsables de la toma de decisiones una vía para el desarrollo sostenible y resistente de SIU (Serra, Torres, García, Montalbán, & Pellicer, 2018). Si bien el concepto como tal, proporciona una base teórica para la ciencia de la infraestructura ecológica, no proporciona declaraciones de objetivos explícitos para los planificadores urbanos, ingenieros y otros tomadores de decisiones.

Los 12 Principios de Infraestructura Ecológica, proporcionan un marco para que planificadores urbanos, ingenieros y otros tomadores de decisiones en un sistema urbano participen al planear o diseñar nuevos sistemas de infraestructura urbana o rehabilitar los viejos.

Los sistemas de infraestructura urbana diseñados dentro de este marco, conducirían a una mejor comprensión de la dinámica de las interconexiones entre los diferentes componentes dentro del SIU y permitirían un diseño adaptativo y una optimización holística que satisfaga las demandas crecientes sin estresar aún más, la base de energía y recursos (Thomé, Ceryno, Scavarda, & Remmen, 2016).

2.2.11.1 Los 12 principios de la Infraestructura Ecológica

Estos 12 principios deben considerarse parámetros en un sistema complejo e interconectado, similar a los 12 Principios de la ingeniería verde propuesta por Anastas & Zimmerman en el año 2003 (Yu, *et. al*). Dado que SIU es un sistema integrado, puede que no sea posible optimizar todos estos principios simultáneamente. Hay casos de sinergia, como se explica a través de la simbiosis de infraestructura, donde la implementación exitosa de un principio aumenta uno o más de los otros principios (Li, Liu, Huisingh, Wang, & Wang, 2017). En otros casos, donde hay una falta de sinergia, el objetivo debe ser optimizar la solución del sistema.

A continuación, se presentan los principios de la infraestructura ecológica (Pandit, *et. al*) que concuerdan con la presente investigación.

Maximizar la sostenibilidad y la resiliencia de la inversión en materiales y energía. - Los sistemas de infraestructura urbana deben diseñarse para maximizar su sostenibilidad y resistencia para cualquier inversión material y energética. Tradicionalmente, los sistemas están diseñados para maximizar la eficiencia de la inversión en términos de análisis de costo-beneficio. Para lograr el objetivo del desarrollo urbano sostenible, la sostenibilidad y la capacidad de recuperación de la inversión de capital (incluida la evaluación del capital natural) deben considerarse a menudo como la solución que produce la relación beneficio / costo máximo que podría no ser la solución más resistente o sostenible.

Sinergia en sistemas de ingeniería y ecológicos. - Los sistemas de ingeniería deben diseñarse para integrar, complementar y, cuando sea posible, regenerar los sistemas ecológicos naturales. Además de restaurar y mejorar los servicios ecológicos [...].

Diseño para satisfacer la preferencia de los interesados para gestionar la complejidad socioeconómica. - Los sistemas de infraestructura urbana deben diseñarse para cumplir con las preferencias de las partes interesadas y las políticas deben diseñarse para aumentar la adopción de alternativas de infraestructura sostenible y resistente [...].

Maximice la creación de confort, bienestar y riqueza. - [...] El desarrollo urbano sostenible debe centrarse en los tres principios básicos de sostenibilidad, medio ambiente, sociedad y economía; no solo en la reducción de los impactos ambientales. Además de reducir el impacto ambiental, el desarrollo urbano sostenible también debe centrarse en mantener la prosperidad económica, aumentar la equidad social y mejorar el bienestar ambiental.

La socioeconomía es el conductor de la decisión. - El diseño del sistema de infraestructura urbana se rige por la toma de decisiones socioeconómicas. No es un esfuerzo técnico absoluto. La planificación

y el diseño de la infraestructura deben considerar explícitamente el papel de la socioeconomía y cómo influye en cuándo, dónde y cómo del desarrollo de la infraestructura [...]

Utilizar "flujos renovables" en lugar de "agotamiento de existencias". - la inversión en material, agua y energía en el desarrollo de nuevas infraestructuras / rehabilitación de sistemas de infraestructura antiguos debe centrarse en la utilización de flujos renovables en lugar de agotar las existencias. En un mundo cada vez más limitado de recursos, pasar de los recursos no renovables a los renovables es una condición necesaria para el desarrollo sostenible. (pp. 19 – 27).

2.2.12 Agregados solidos Basálticos

El basalto se denomina como una roca ígnea volcánica, posee un color oscuro que lo obtiene por medio de su composición alta en silicatos de magnesio y hierro, pero su bajo contenido de sílice, este mineral es el más común que se encuentra en la superficie terrestre, aunque en ocasiones tienen similitud con el vidrio por lo que puede estar mezclada con basaltos, diabasa, grabo y andesita.

Es tipo de mineral se halla con mayor abundancia en el fondo de océanos, su origen se crea por el rápido enfriamiento del magma que producen los volcanes, existen dos tipos de basalto el que se encuentra expuesto al ambiente y el que se encuentra en bancos sanos, este último es el más idóneo para ser utilizado en la construcción (Beltrán, 2017).



Figura 18. - Basalto olivínico de la isla Santa Cruz
Fuente: Castillo, 2017

Composición del basalto. - El basalto es una roca que se caracteriza por estar compuesto de distintos minerales, tal como se describe a continuación:

Tabla 1
Composición del basalto

| | |
|--|--------|
| Sílice (SiO ₂) | 42,60% |
| Alúmina (Al ₂ O ₃) | 14,18% |
| Calcio (CaO) | 10,39% |
| Magnesio (MgO) | 8,79% |
| Hierro ferroso | 6,40% |
| Hierro férrico | 5,00% |
| Sodio (Na ₂ O) | 3,80% |
| Titanio (TiO ₂) | 2,80% |
| Potasio (K ₂ O) | 0,96% |
| Manganeso (MnO) | 0,19% |
| Anhídrido fosfórico (P ₂ O ₅) | 0,19% |

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Propiedades físicas. -

- Color gris o negro, este depende del contenido de olivino, augita.
- Fácil fractura
- Excelente impermeabilidad
- Alta densidad aproximadamente de 2,8 a 2,9 g/cm³
- Capacidad calórica específica de 0,84 J/K
- Resistencia al calor, a la presión y al desgaste.
- El tamaño del grano es fino.

Propiedades térmicas. -

- Coeficiente de dilatación térmica bajo
- Buena resistencia al fuego
- Buena condición térmica

Propiedades mecánicas. -

- Excelente dureza que oscila entre 4,8 a 6,5 de acuerdo al índice de Mohs
- Difícil corte
- Excelente resistencia a la compresión de 1800kg/cm²

De acuerdo a las aplicaciones dentro de la ingeniería se conoce en tres aspectos: uso en interiores, en exteriores y en la construcción, tal como se conoce a continuación:

- Uso en interiores: baldosas, cocinas.
- Uso en exteriores: piedra de revestimiento, para pavimentar, para decorar y como piedra de construcción.
- Industria de la construcción: punta de flecha, piedra de fábrica, adoquines, herramienta para realizar cortes y para pavimentar.

2.2.13 Minas Granillo Rojo y Granillo Negro de la isla Santa Cruz

En relación a los recursos que se encuentran dentro del territorio de la islas Galápagos, y por ende, el agregado sólido con el que se trabajó en la presente investigación, es importante mencionar las minas de granillo rojo y granillo negro, el Archipiélago es conocido como una zona netamente volcánica, ya que se constituye de rocas basálticas y a su vez de conos de lava, este tipo de material granillo se encuentra en las playas de la isla, esto ocurre por la abrasión del mar y sobre todo el arranque de las olas en los arrecifes coralino (Administración GADs Santa Cruz, 2015).

En el cantón de Santa Cruz se sitúa las minas dentro del área del Parque Nacional, cercana al canal de Itabaca se encuentra la mina “Granillo Rojo” y la mina de “Granillo Negro”. Este tipo de material es empleado en fabricación de bloques, construcción de vivienda, mantenimiento vial y obras públicas, con el paso del tiempo este tipo de recursos se continúan explotando, de acuerdo a lo señalado por Administración GAD Santa Cruz (2015), se tiene:

El material explotado en la Mina de Granillo Negro en 2007 fue de 20.513 m³, entre granillo negro, arena negra, ripio de piedra negra y piedra de relleno negra... A ese ritmo de extracción, se calcula que el recurso (de un

volumen de aproximadamente 493.400 m³) durará menos de 25 años (p. 52).

El material explotado en la Mina de Granillo Rojo en 2007 fue de 31.755 m³, entre granillo rojo, arena roja, ripio de piedra roja y piedra de relleno roja... A este ritmo de extracción, se calcula que el recurso (de un volumen de aproximadamente 1.908,698 m³) durará unos 57 años (p. 53).

El uso de estos productos minerales forma parte importante de la extracción de minerales, esto se debe a los usos que se le asignan y principalmente por el uso que se le da en el área de la construcción, de manera que evita el gasto económico de traslado de material hasta la zona, pese a esto es necesario establecer un control de la explotación del recurso por lo que señala sus estimaciones.



Figura 19. - Mina Granillo Rojo en la isla Santa Cruz
Fuente: Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2016



Figura 20. - Mina Granillo Rojo en la isla Santa Cruz
Fuente: Google Maps, 2020



Figura 21. - Mina Granillo Negro en la isla Santa Cruz
Fuente: Google Maps, 2020

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La realización de una investigación involucra un conjunto de aspectos que permite determinar cómo se desarrolla dicho estudio, y a su vez, cómo se obtendrá la información y se procesará, identificando de forma correcta el diseño; para el desarrollo de este estudio se hizo provecho del diseño de investigación experimental.

3.1.1 Experimental

Para este estudio, el diseño fue denominado experimental debido a que existe una manipulación y control de variables en forma directa. En este caso particular, el material constructivo que se basa en el procesamiento de basura plástica que llega sistemáticamente a las islas Galápagos arrastrada por las corrientes oceánicas.

Fidias (2016) señala “La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen variable dependiente” (p. 34)

3.1.2 Preexperimental

Esta investigación se estableció de tipo preexperimental, ya que se encontró apoyada en la realización de ensayos de laboratorio, a probetas preliminares ejecutadas con el objetivo de conocer el comportamiento de este nuevo material, de manera que se pudo interpretar toda la información obtenida, y realizar las probetas finales, Fidias (2016) lo expresa de la siguiente manera:

Como su nombre lo indica, este diseño es una especie de prueba o ensayo que se realiza antes del experimento verdadero. Su principal limitación es el escaso control sobre el proceso, por lo que su valor científico es muy cuestionable y rebatible (p. 35).

3.1.3 Descriptiva

En la presente innovación científica se consideró la investigación descriptiva esencial, ya que permitió conocer cada rasgo a detalle de todo el proceso realizado, el autor concuerda con Fernández, Baptista, & Hernández (2014). Que afirman, que este tipo de investigación “Se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso” (p. 91).

3.1.4 Explicativa

Este estudio es denominado explicativo al haberse realizado la investigación mediante una propuesta de hipótesis, con resultados obtenidos después de los ensayos experimentales, además, concluir si la innovación propuesta es factible de fabricación y de esa manera, se pueda contribuir con la preservación de la biodiversidad. Fidias (2016) establece:

La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos (p. 26)

3.1.5 Método Inductivo – Deductivo

EL empleo de este método permitió inducir el comportamiento en términos de resistencias que tendría la probeta al utilizar diferentes curvas granulométricas de adiciones sólidas, según el comportamiento que muestran otros materiales tradicionales de construcción que se componen de los mismos agregados. Se estableció por medio de los diferentes rasgos específicos que poseen relación estrecha con un enfoque más general.

Rodríguez & Pérez (2017) explican “La inducción es una forma de razonamiento en la que se pasa del conocimiento de casos particulares a un

conocimiento más general, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales” (p. 10).

3.1.6 Enfoque Cuantitativo

Se calificó la presente investigación con un enfoque cuantitativo puesto que la investigación originó información cuantificable o medible por medio de ensayos para conocer la resistencia del prototipo.

Según Fernández, Baptista, & Hernández (2014) señalan que el enfoque cuantitativo “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teoría” (p. 4)

3.2 Metodología del proceso

3.2.1 Recolección de basura marina en las islas Galápagos

Para la recolección de basura marina en las costas de las islas Galápagos, se realizan limpiezas costeras en conjunto con la dirección del parque nacional Galápagos en conjunto con ONG. Una de las organizaciones que participa en estas actividades es el colectivo ciudadano denominado “Frente Insular de la reserva marina de Galápagos”, se trabajó en conjunto con este colectivo, para la obtención de los plásticos recaudados el 21 de septiembre del 2019 se pudo evidenciar la diversidad presente de los diferentes plásticos y la procedencia de estos.



Figura 22. - Botellas de plástico de origen asiático encontradas durante la jornada de limpieza costera.

Fuente: Andrade, 2019



Figura 23. - Aspecto de las costas de Galápagos por la llegada abundante de basura marina plástica

Fuente: Andrade, 2019.



Figura 24. - Desechos marinos recolectados en la isla Isabela al noroeste de las islas Galápagos.
Fuente: Andrade, 2019.



Figura 25. - Transporte de desechos marinos plásticos recolectados en la isla Isabela al noroeste de las islas Galápagos.
Fuente: Andrade, 2019.



Figura 26. - Voluntarios realizan la separación de microplásticos en la playa Tortuga Bay.
Fuente: Andrade, 2019.



Figura 27. – Microplásticos encontrados en la playa Tortuga Bay
Fuente: Andrade, 2019.

3.2.2 Trituración del plástico marino recolectado

Se trasladó a la planta de gestión de residuos sólidos de Santa Cruz el material recolectado, allí se procede a la clasificación de estos, donde en mayor cantidad se encontraron el polietileno de alta y baja densidad (PEAD, PEBD), polipropileno (PP) y tereftalato de polietileno (PET). Según los siete grupos de clasificación internacional de los tipos de termoplásticos (Yadama, Lowell, Peterson, & Nicholls, 2009).



Figura 28. - Clasificación del plástico realizada en la planta de residuos sólidos de la isla Santa Cruz
Fuente: Diario El universo (2015)

Clasificado el material se procede a compactarlo y finalmente es enviado al continente para su aprovechamiento final. Para el presente trabajo de investigación se coordinó la obtención del material plástico procedente de las islas y con ayuda de la empresa privada, se trituró y se obtuvo el plástico en pequeñas partículas.



Figura 29. - Plástico triturado con apoyo de la empresa privada
Fuente: Elaboración propia, 2019



Figura 30. – Plástico peletizado con apoyo de la empresa privada
Fuente: Elaboración propia 2019.

3.2.3 Elaboración de probetas de ensayo

Para la elaboración de las probetas de ensayos, fue necesario realizar varias mezclas con diferentes adiciones compatibles y porcentajes de plástico, de manera que se pudiera establecer una mezcla homogénea, teniendo las dosificaciones se realiza un molde con dimensiones de 5cm de diámetro y una altura de 10cm.



Figura 31. - Molde fabricado para la elaboración de probetas.
Fuente: Elaboración propia, 2019

Para la realización de estas mezclas, se utilizó una primera parte denominada como matriz aglutinante principal y la segunda parte como agregados, tal como se describe a continuación:

Matriz aglutinante principal. - de la mayoría de los plásticos recolectados, se obtuvo termoplásticos de polietileno de alta y baja densidad (PEAD, PEBD), polipropileno (PP) y tereftalato de polietileno (PET). La mayoría de plásticos que se pudo evidenciar en la recolección pertenecían a estos tres grupos por

lo cual se decide realizar las dosificaciones con los tres tipos de plásticos ya mencionados.

Agregados. - adiciones solidas con la finalidad de incrementar la durabilidad y resistencia de los materiales a ser desarrollados, tales como arena y basalto de trituración endémico de las islas. Fueron utilizadas varias granulometrías de las cuales la granulometría perfecta con diámetro máximo de 5mm fue la que género los mejores resultados.

El plástico triturado fue mezclado con adiciones solidas basálticas, con porcentajes de aglutinante que vario dentro del rango del 10% al 70%. Siendo el porcentaje de 15% al 30% de plástico, el que generó una mezcla más estable y además trabajable. Las probetas para ensayos de resistencia a la compresión variaron inicialmente en cinco grupos: a) plástico puro; b) plástico +Adiciones de arena y grava; c) plástico + adiciones arenosas y d) plástico + adiciones basálticas.

Tabla 2
Características del primer grupo de probetas estudiadas

| Probeta | Peso (Gramos) | Densidad (Kg/m3) | Resistencia a la compresión (KN) | Resistencia a la compresión (Kg/cm2) |
|----------------|--------------------------|-----------------------------|---|---|
| A | 146,3 | 739,26 | 24 | 123,66 |
| B | 421,8 | 2137,86 | 42,7 | 220,02 |
| C | 295,6 | 1493,68 | 43,4 | 223,62 |
| D | 331,8 | 1676,6 | 49,5 | 255,00 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

Al culminar los primeros ensayos, se pudo identificar que el grupo D presentó mejor resistencia, por lo cual, se define trabajar con este grupo, el mismo que contiene solo agregados solidos basalticos, por lo que se deduce que las características físicas y mecánicas del basalto permitieron obtener mejores

resistencias. El segundo grupo de ensayo se ejecutó aplicando la curva granulométrica para agregados finos del hormigón según la ASTM C 33.

Tabla 3
Características del segundo grupo de probetas estudiadas

| Probeta | Peso (Gramos) | Densidad (Kg/m³) | Resistencia a la compresión (KN) | Resistencia a la compresión (Kg/cm²) |
|----------------|--------------------------|--|---|--|
| D-1 | 427,3 | 2159.2 | 49,3 | 254 |
| D-2 | 465,4 | 2351,7 | 55,1 | 284 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

Para el tercer grupo de ensayos se mejora la curva granulométrica y se elabora una curva granulométrica perfecta para la mezcla, considerando los valores de la curva de agregados finos del hormigón, tal como lo señala la norma ASTM C 33. a partir de allí se realiza modificaciones con el propósito de evitar espacios vacios en las probeta, obteniéndose una resistencia promedio de $f'c$ 320kg/cm².

3.2.4 Ensayos realizados

Dentro de los ensayos realizados, se ejecutaron ensayos a las adiciones sólidas y a las probetas. Para los primeros se aplicaron ensayos de densidad, peso específico y resistencia a la compresión de los basaltos, mientras que los ensayos realizados a las probetas consistieron en ensayos a compresión simple, al módulo de rotura y pruebas de tracción – compresión indirecta o diametral.

Los ensayos fueron clasificados por grupos para poder evaluar el comportamiento de cada dosificación, de la cual se extrajeron las 3 probetas. Finalmente se consideró el promedio por grupo.

3.2.4.1 Granulometría de las adiciones sólidas

Ensayo de Granulometría. - la aplicación de este ensayo se basa en determinar los materiales para el uso como agregado, el alcance de este ensayo contempla el método de prueba para la determinación de la distribución del tamaño del agregado sea fino o grueso de acuerdo al tamizado (ASTM C-136 American Society of Testing Materials, 2019). Para la realización de este ensayo se utilizó agregado con tamaño máximo de 5mm. Con esta granulometría se obtuvo las mayores resistencias.

Tabla 4

Ensayo de Granulometría del agregado basáltico

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C-136 | | | | | | |
|------------------------------------|------|-----------------------|------------------|--------------------|-----------------|---------------------|
| TAMIZ | | PESO | % | % | % | % PASANTE ACUMULADO |
| ASTM | mm. | RETENIDO PARCIAL (gr) | RETENIDO PARCIAL | RETENIDO ACUMULADO | PASANTE PARCIAL | |
| No. 4 | 4,75 | 79,50 | 4,00 | 4,00 | 5,50 | 96,00 |
| No. 10 | 2,00 | 271,50 | 13,64 | 17,64 | 100,00 | 82,36 |
| No. 40 | 0,43 | 1042,50 | 52,39 | 70,03 | 100,00 | 29,97 |
| No. 200 | 0,08 | 477,00 | 23,97 | 94,01 | 100,00 | 5,99 |
| Fondo | | 119,25 | 5,99 | 100,00 | 100,00 | 0,00 |
| Total | | 1989,8 | | | | |

Fuente: Elaboración propia, 2019

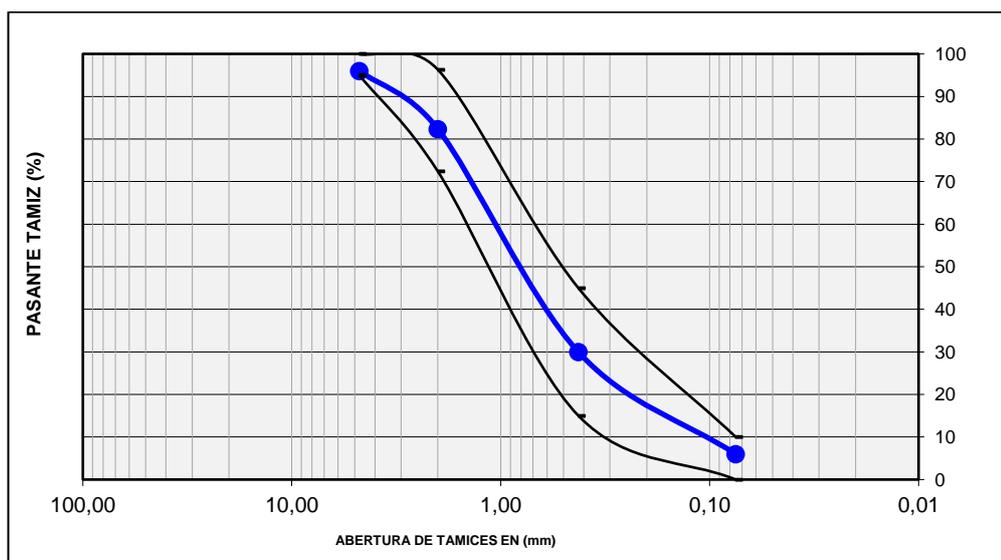


Figura 32. - Curva granulométrica de los agregados basálticos

Fuente: Elaboración propia



Figura 33. - Separación y etiquetado del material tamizado
Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.2.4.2 Densidad de las probetas.

Para obtener la densidad se procedió a pesar las probetas, luego se tomaron las medidas de altura y diámetro utilizando un calibrador. La densidad será la división del peso para el volumen en unidades consistentes.

$$d = \frac{m}{v}$$

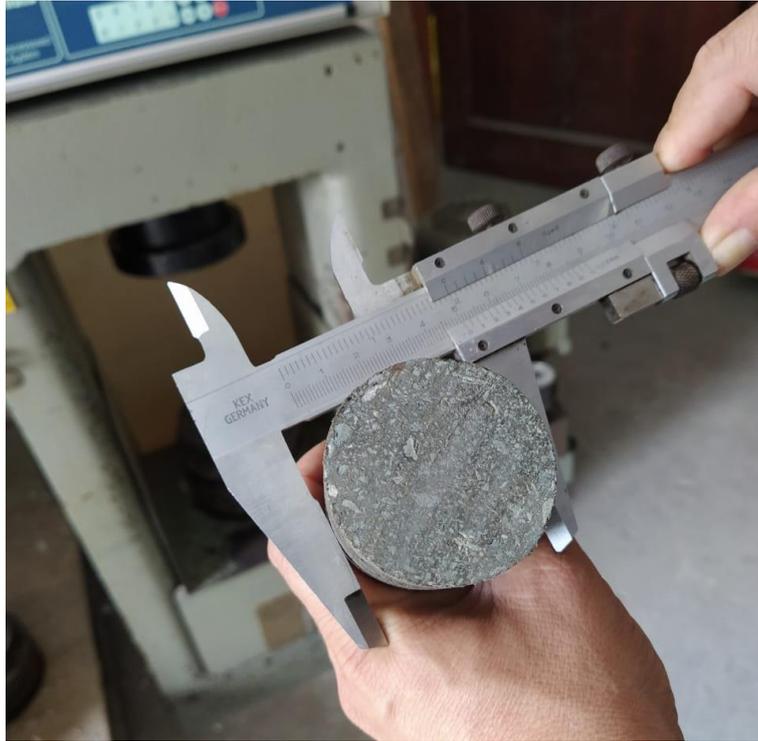


Figura 34. - Medición del diámetro de la probeta.
Fuente: Elaboración propia, 2019.



Figura 35. - Medición de longitud de la probeta.
Fuente: Elaboración propia, 2019



Figura 36. - Toma del peso de la probeta.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.2.4.3 Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple

Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos (ASTM C-293. *American Society of Testing Materials*, 2018), Para la realización de este ensayo se emplearon 8 grupos de probetas, siendo estos los descritos a continuación ASTM C-39:

Tabla 5
Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | | | | | | |
|--|---|--------------------------------|----------------------|------------------------------------|---|--|
| Representación de la muestra |  | DIAMETRO= 5 cm | | | | |
| | | ALTURA= 10cm | | | | |
| | | VOLUMEN= 197,9 cm ³ | | | | |
| Grupos de probetas | Materiales componentes | Fecha de Rotura | Peso (Gramos) | Densidad (Kg/m³) | Resistencia a la compresión (KN) | Resistencia a la compresión (Kg/cm²) |
| Promedio G1 | Plástico | 27/11/2019 | 146 | 739 | 24,0 | 123,66 |
| Probeta 1 | | | | | 24,2 | 124,69 |
| Probeta 2 | | | | | 25,0 | 128,81 |
| Probeta 3 | | | | | 22,8 | 117,48 |
| Promedio G2 | Plástico +arena + grava | 27/11/2019 | 422 | 2138 | 42,7 | 220,02 |
| Probeta 1 | | | | | 45,9 | 236,56 |
| Probeta 2 | | | | | 39,4 | 203,32 |
| Probeta 3 | | | | | 42,7 | 220,19 |
| Promedio G3 | Plástico + arena | 27/11/2019 | 296 | 1494 | 43,4 | 223,62 |
| Probeta 1 | | | | | 39,1 | 201,57 |
| Probeta 2 | | | | | 45,8 | 235,73 |
| Probeta 3 | | | | | 45,3 | 233,51 |
| Promedio G4 | Plástico + basalto+arena | 27/11/2019 | 332 | 1677 | 49,5 | 255,00 |
| Probeta 1 | | | | | 51,2 | 263,81 |
| Probeta 2 | | | | | 50,3 | 259,17 |
| Probeta 3 | | | | | 47,0 | 242,17 |
| Promedio G5 | Plástico +basalto | 18/12/2019 | 427 | 2159.2 | 49,3 | 254,00 |
| Probeta 1 | | | | | 48,7 | 250,93 |
| Probeta 2 | | | | | 49,9 | 257,11 |
| Probeta 3 | | | | | 49,3 | 254,02 |
| Promedio G6 | Plástico +basalto (curva granulométrica para finos) | 06/01/2020 | 465 | 2352 | 55,1 | 284,00 |
| Probeta 1 | | | | | 56,8 | 292,66 |
| Probeta 2 | | | | | 54,5 | 280,81 |
| Probeta 3 | | | | | 53,9 | 277,72 |
| Promedio G7 | Plástico + basalto (curva granulométrica óptima) | 13/01/2020 | 437 | 2208 | 58,3 | 300,19 |
| Probeta 1 | | | | | 55,2 | 284,37 |
| Probeta 2 | | | | | 60,1 | 309,67 |
| Probeta 3 | | | | | 59,5 | 306,57 |
| Promedio G8 | Plástico + basalto (curva granulométrica óptima) | 05/02/2020 | 413 | 2085 | 63,1 | 324,91 |
| Probeta 1 | | | | | 64,5 | 332,34 |
| Probeta 2 | | | | | 62,3 | 321,00 |
| Probeta 3 | | | | | 62,4 | 321,52 |

Nota: cada gupo se constituye de 3 probetas, por lo cual los valores correspondientes constan de un promedio

Fuente: Elaboración propia, 2019



Figura 37. - Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple.
Fuente: Elaboración propia, 2019.



Figura 38. - Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.2.4.4 Ensayo de Módulo de Rotura (ASTM C293)

Es un método aplicado para conocer el módulo de rotura de una muestra los resultados que este ensayo arroje pueden utilizarse para determinar el cumplimiento de especificaciones, respecto al alcance que posee este ensayo contempla la determinación de resistencia a la flexión aplicado a especímenes de concreto de acuerdo al uso de una viga simple con carga puntual (ASTM C-293. American Society of Testing Materials, 2016). En la ejecución de este ensayo se hizo uso de dos grupos especímenes para poder determinar el módulo de rotura, siendo el mayor 194 Kg/cm², perteneciente al primer grupo de especímenes ensayado.

Para obtener los valores de esfuerzos (Kg/cm²) en función del valor de fuerza (KN) que refleja como resultado en el ensayo, se aplica la siguiente formula.

$$\sigma = \frac{M_x c}{I}$$

Donde:

$$M = \frac{P_x L}{4} ;$$

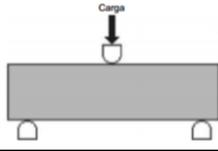
$$c = \frac{h}{2} ;$$

$$I = \frac{b_x h^3}{12} ;$$

Remplazando:

$$\sigma = \frac{3P_x L}{2b_x h^2}$$

Tabla 6
Ensayo de Módulo de Rotura ASTM C293

| MODULO DE ROTURA ASTM C293 | | | | | |
|------------------------------|---|-----------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
| Representación de la muestra |  | BASE= 4 cm | | | |
| | | ALTURA= 4 cm | | | |
| | | LONGITUD= 16 cm | | | |
| Probeta | Descripcion | Fecha de rotura | Resistencia a la flexion (KN) | Deformacion (mm) | Módulo de rotura (Kg/cm2) |
| 1 | Plástico + basalto (curva granulométrica perfecta) | 15/1/2020 | 6,2 | 6,98 | 177,7 |
| 2 | Plástico + basalto (curva granulométrica perfecta) | 5/1/2020 | 6,9 | 7,63 | 194,2 |

Fuente: Elaboración propia, 2019.



Figura 39. - Ensayo de Módulo de Rotura. Comprobación de la distancia entre los apoyos.
Fuente: Elaboración propia, 2019.



Figura 40. - Ensayo de Módulo de Rotura.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.2.4.5 Ensayo de Tracción- Compresión Indirecta

En este ensayo se aplica una carga a compresión diametral una probeta cilíndrica, de manera uniforme a lo largo de dos líneas opuestas hasta alcanzar la rotura, siendo la resistencia promedio alcanzada 68,6 Kg/cm².

Para obtener los valores de esfuerzos (Kg/cm²) en función del valor de fuerza (KN) que refleja como resultado en el ensayo, se aplica la siguiente formula.

$$\sigma = \frac{P}{\pi \cdot R \cdot H}$$

Tabla 7

Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA | | | | |
|---|---|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Representación de la muestra |  | DIAMETRO= 5 cm | | |
| | | LONGITUD= 10cm | | |
| | | VOLUMEN= 197,9 cm ³ | | |
| Grupos de probetas | Materiales componentes | Fecha de Rotura | Resistencia a la compresión | Resistencia a la compresión |
| Probeta 1 | Plástico + basalto (curva granulométrica perfecta) | 05/02/2029 | 56,6 | 68,6 |
| Probeta 2 | | | 60,1 | 72,9 |
| Probeta 3 | | | 53,1 | 64,4 |
| Promedio | | | 56,6 | 68,6 |
| Nota: cada gupo se constituye de 3 probetas, por lo cual los valores correspondientes constan de un promedio | | | | |

Fuente: Elaboración propia, 2019



Figura 41. - Ensayo de Tracción Indirecta.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



Figura 42. - Forma de la falla de la probeta en el ensayo de Tracción Indirecta.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.2.5 Resultados obtenidos

De los resultados obtenidos posterior a la realización de ensayos, se pudo determinar que son positivos, iniciando con el ensayo de granulometría realizado al agregado fino, del cual se obtuvo una curva granulométrica que se encuentra dentro de los límites establecidos, dando así una curva perfecta, en relación al ensayo a la compresión aplicada a 8 grupos, se pudo conocer que el grupo número 8 compuesto de plástico y basalto brindó una mayor resistencia a la compresión de 320 Kg/cm^2 .

Para el ensayo de módulo de rotura basado en la normativa ASTM C293, aplicado a dos especímenes dio como resultados que la probeta no 2 proporcionó mayor módulo de rotura de 194 Kg/cm^2 , mientras que en el ensayo de tracción indirecta la probeta compuesta de plástico y basalto proporcionó una resistencia a la compresión de $68,6 \text{ Kg/cm}^2$.

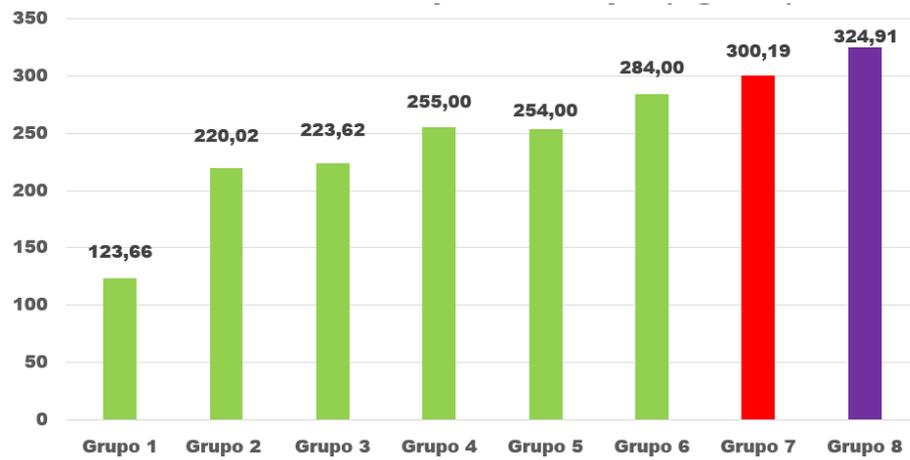


Figura 43. - Resultados en ensayos de resistencia a Compresión Simple (Kg/cm²).
Fuente: Elaboración propia, 2020.

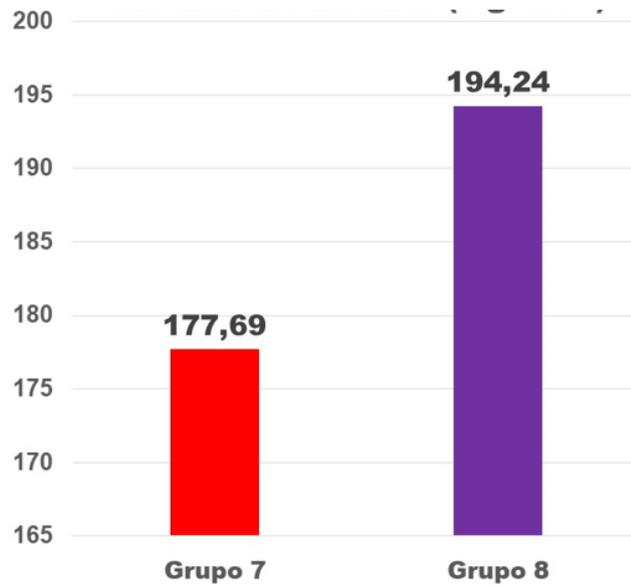


Figura 44. - Resultados en ensayos de Módulo de Rotura (Kg/cm²).
Fuente: Elaboración propia, 2020.

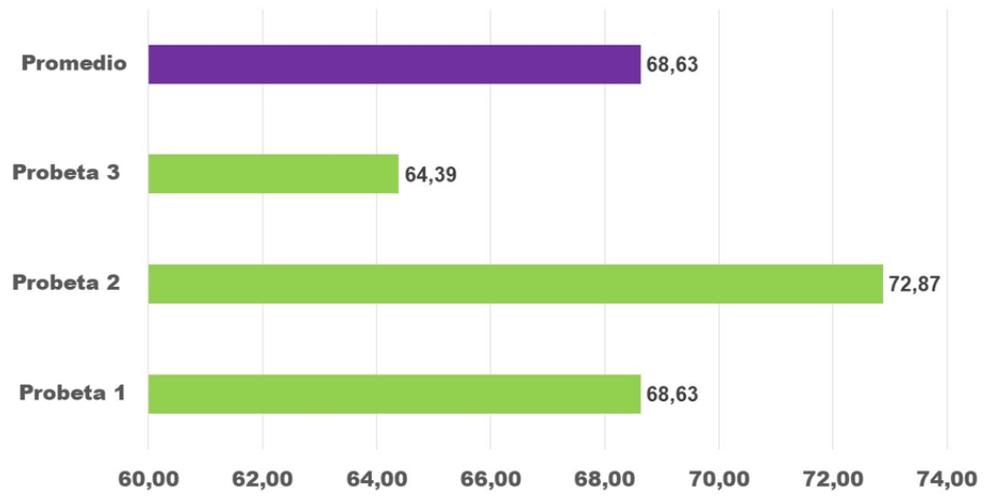


Figura 45. - Resultados en ensayos de Resistencia a la Tracción Indirecta (Kg/cm²).
Fuente: Elaboración propia, 2020.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE PROTOTIPO DE REFUGIO CIENTÍFICO PARA LAS ISLAS GALÁPAGOS

4.1 Propuesta

La realización del diseño propuesto se encuentra definido dentro de las necesidades existentes en las islas Galápagos, esto con el propósito de proporcionar una opción más económica, empleando recursos que se encuentren dentro del mismo entorno de las islas, ya que el uso de los recursos no solo brinda una opción de mejora en el ámbito de refugios, sino además implica una mejora significativa y valiosa para la conservación de las especies y la biodiversidad existente.

Debido a las razones ya expuestas, este diseño de refugio se crea a partir del uso de la denominada basura marina, transformando dicha basura en material apto para la construcción de tablones que serán emperrados entre sí, capaces de resistir las diferentes cargas de diseño de una vivienda unifamiliar, la misma que se puede ejecutar dentro del contexto de la isla Galápagos, así como el uso de granillo rojo y negro que también se explota dentro de la isla.

4.2 Diseño del prototipo

El prototipo de diseño se basa en una vivienda social de 36m², construyendo elementos dosificados, con material tradicional y material innovador como el plástico obtenido de la basura marina que llega a las costas de la isla. Para la realización del diseño se planteó el uso de tablones contruidos con la dosificación estudiada de 300 Kg/cm², con perforaciones que permitan encajarlo entre ellos y ajustados por medio de pernos, estos pernos con dimensiones de 7x1/2"

Los tablones poseen dimensiones de 290cm de largo, 20cm de alto y 4cm de espesor, permitiendo que se acoplen para formar las paredes y columnas que serán emperrables mediante bocín, tal como se puede observar en la figura 23. A continuación, se podrá observar los diseños planteados:

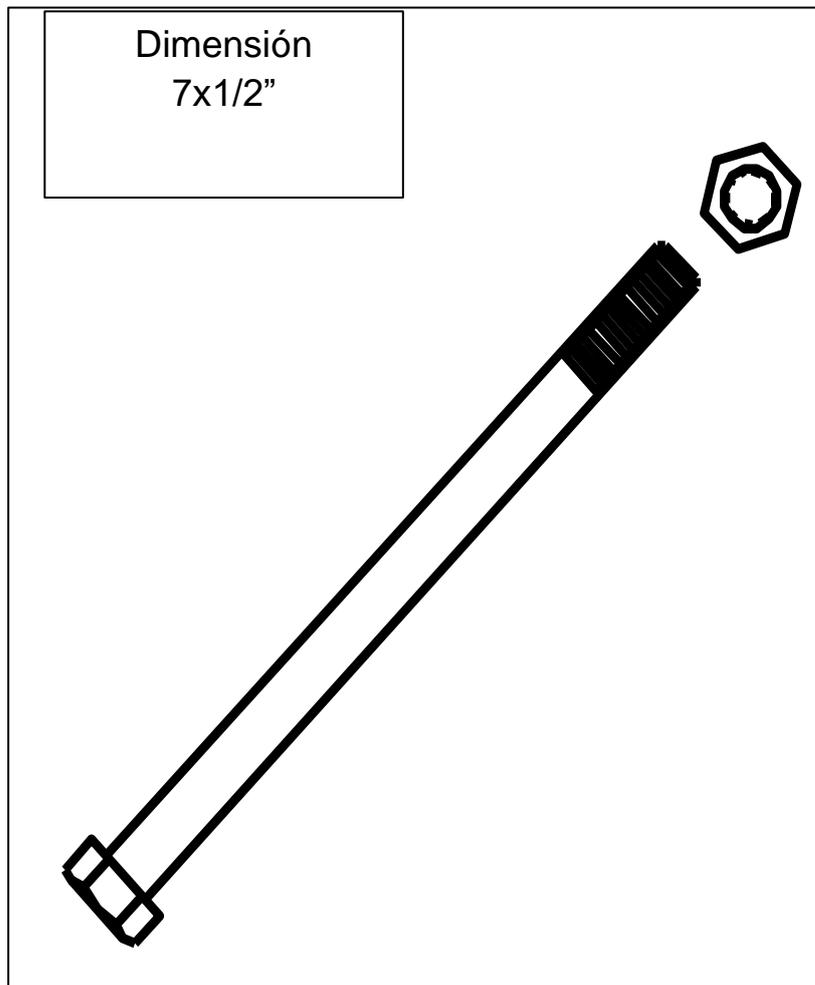


Figura 46. - Dimensión del perno
Fuente: Elaboración propia, 2019

El perno se introduce dentro de los tablones, permitiendo ajustarlos para así poder dar estabilidad y firmeza a la construcción de la vivienda.

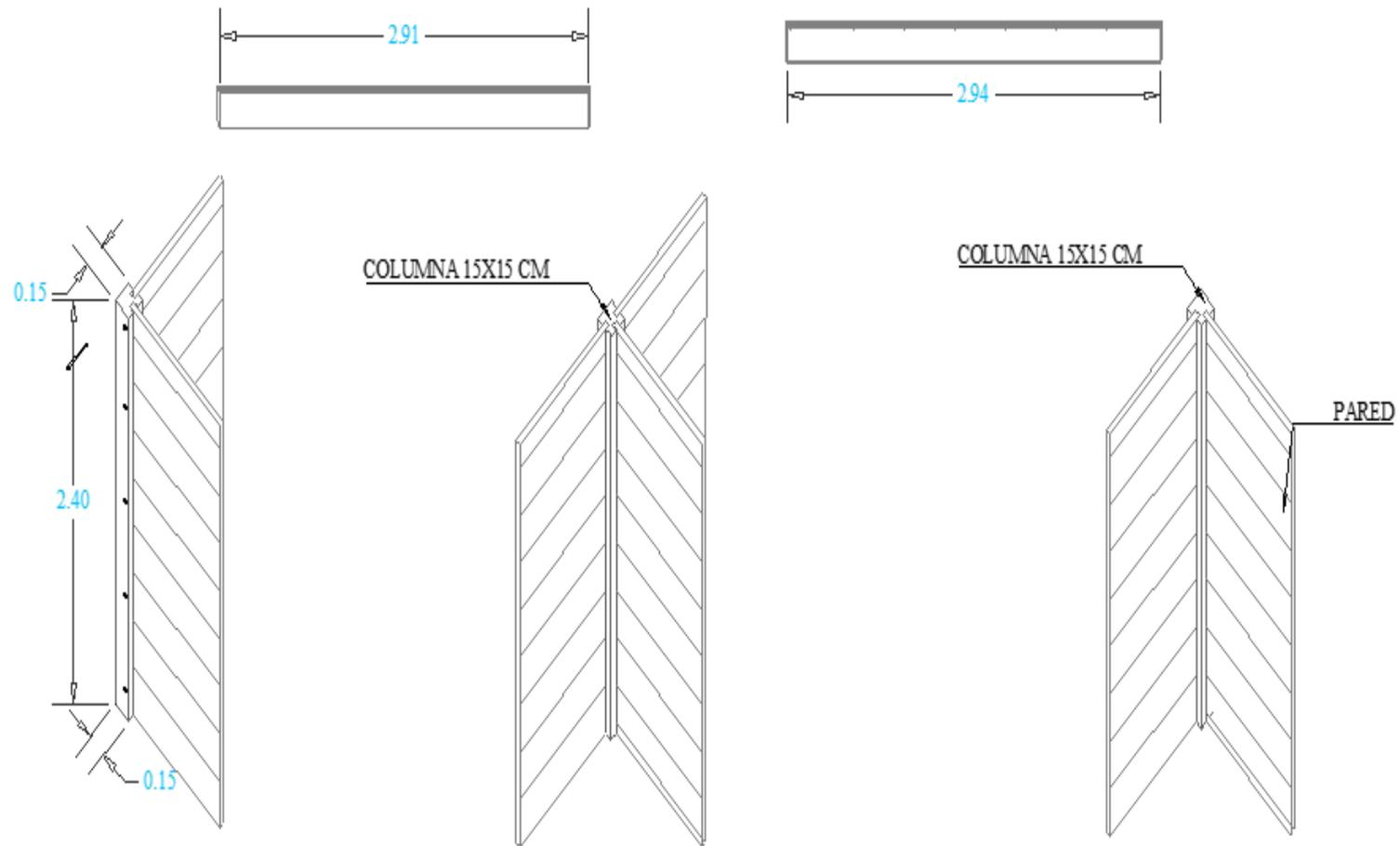


Figura 47. - Detalle del tablón y ensamble de la estructura
Fuente: Elaboración propia, 2019

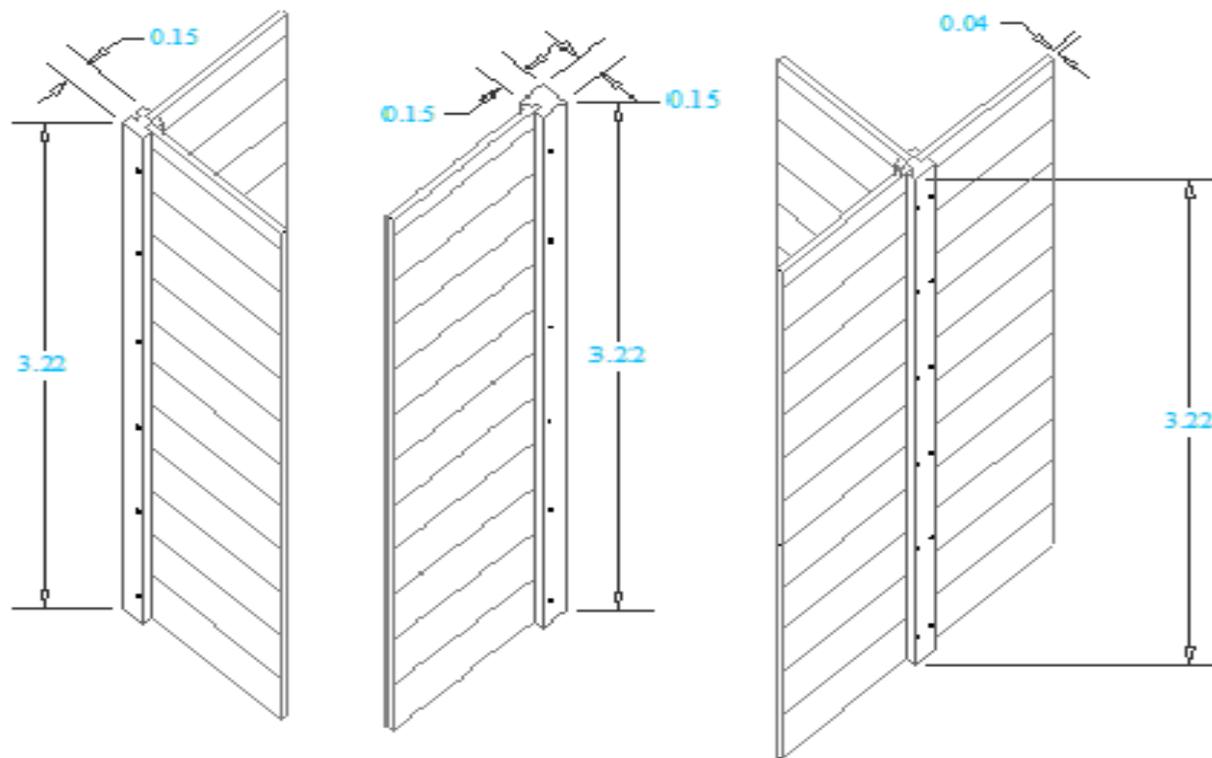


Figura 48. - Detalle del tablón y ensamblaje de la estructura
Fuente: Elaboración propia, 2019

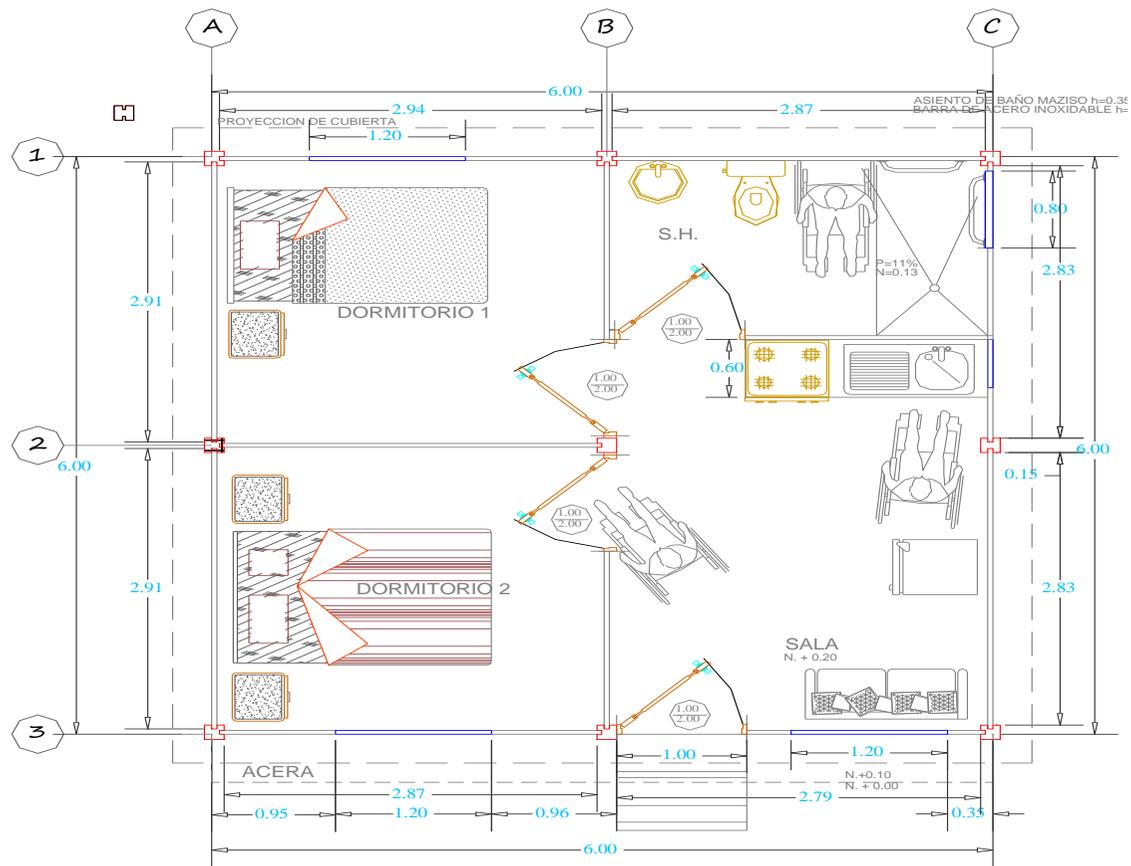


Figura 49. - Vista en planta de refugio científico propuesto
Fuente: Elaboración propia, 2019

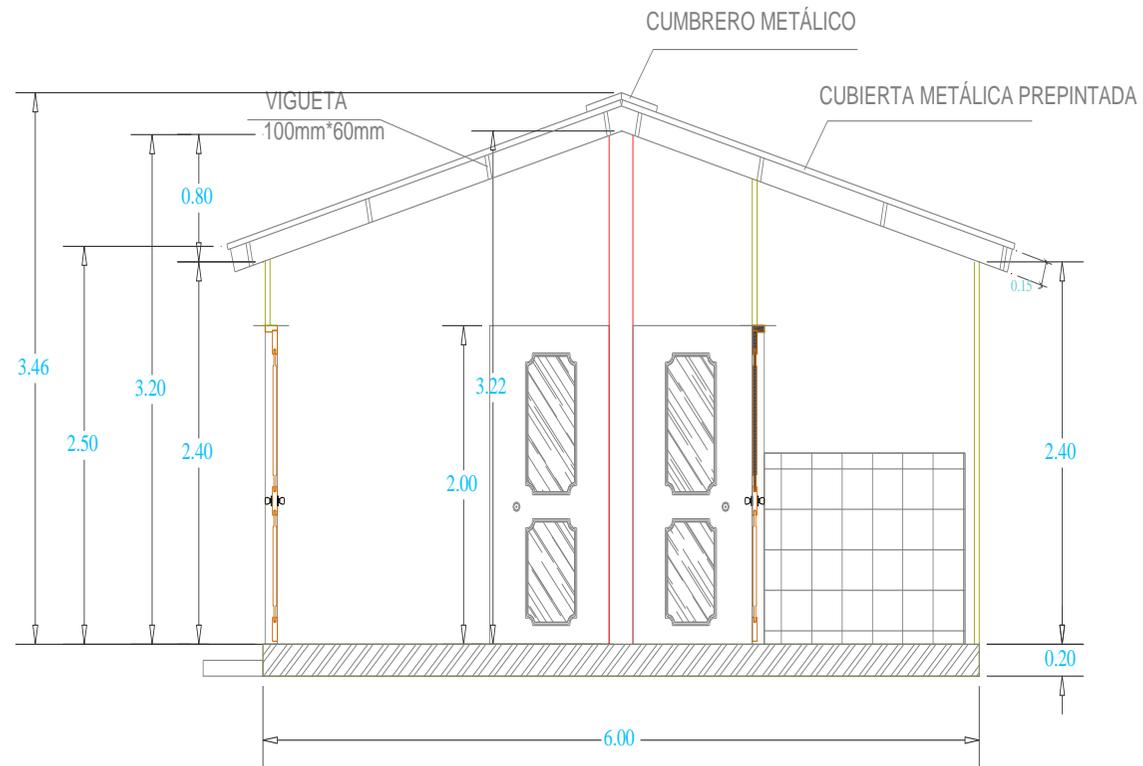


Figura 50. - Corte transversal Y-Y de refugio científico propuesto
Fuente: Elaboración propia, 2019

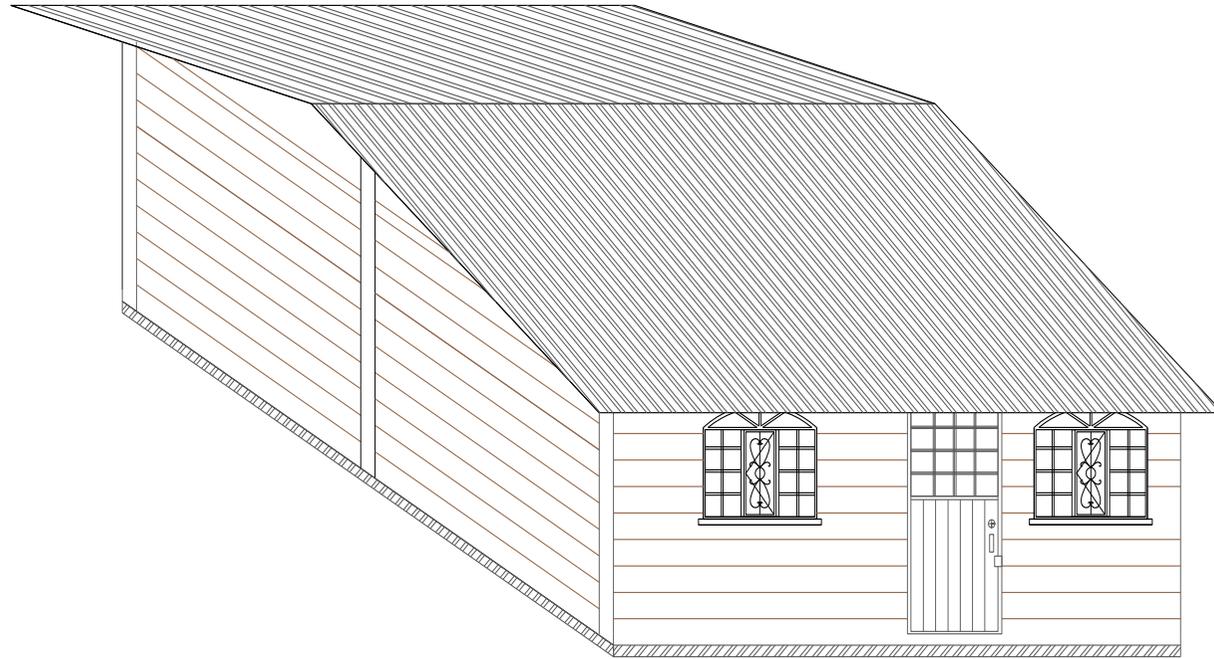


Figura 51 . - Proyección axonométrica del refugio científico propuesto
Fuente: Elaboración propia, 2019

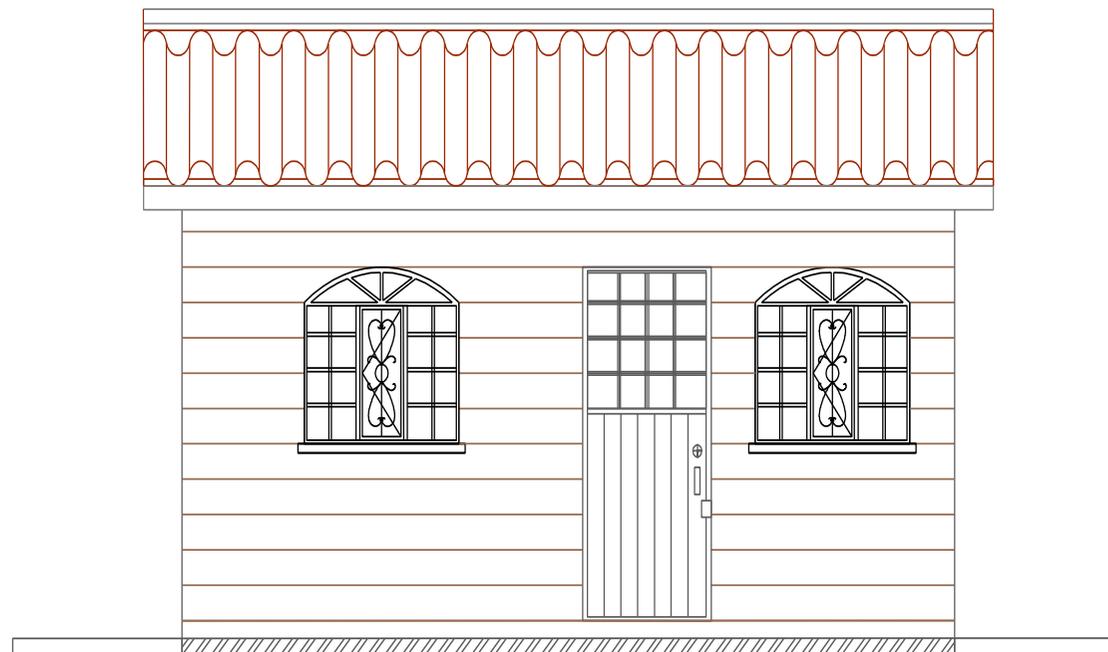


Figura 52. - Fachada frontal del refugio científico propuesto
Fuente: Elaboración propia, 2019



Figura 53. - Propuesta de refugio científico
Fuente: Elaboración propia, 2019

4.3 Presupuesto general del refugio científico para las islas Galápagos

Conociendo las dosificaciones de matriz plástica y adiciones sólidas basálticas utilizadas se procedió a calcular el valor económico por unidad de volumen del nuevo material el cual se determinó en 255 dólares. Adicional a esto y debido a que los costos indirectos en materiales de construcción tradicionales bordean entre el 12% y 15 %, para este caso se asumió un 17,5 % (\$45) de manera conservadora. A continuación, se procedió a realizar el presupuesto general del refugio científico propuesto con un costo de 300 dólares el metro cubico.

Tabla 8
Presupuesto general del refugio científico para las islas Galápagos

| Nº | RUBRO/DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO GLOBAL |
|-----|---|--------|----------|-----------------|---------------|
| 1.0 | TRABAJOS PRELIMINARES | | | | |
| 1.1 | Replanteo y nivelación | M2 | 36,00 | 1,27 | 45,72 |
| 2.0 | CIMENTACIÓN | | | | |
| 2.1 | Excavación de plintos y cimientos | M3 | 4,39 | 6,37 | 27,96 |
| 2.2 | Cimiento de hormigón propuesto (f'c= 320 KG/CM2) | M3 | 1,58 | 250,00 | 395,00 |
| 3.0 | EXTRUCTURA DE MATERIAL PROPUESTO | | | | |
| 3.1 | H.P en Replantillo (f'c= 320 KG/CM2) | M3 | 0,23 | 250,00 | 57,50 |
| 3.2 | Plintos (f'c= 320 KG/CM2) | M3 | 1,94 | 250,00 | 485,00 |
| 3.3 | H:P: en Cadenas (f'c= 320 KG/CM2) | M3 | 1,01 | 250,00 | 252,50 |
| 3.4 | H:P: en Columnas (f'c= 320 KG/CM2) | M3 | 0,62 | 250,00 | 75,17 |
| 3.5 | H:P: en Viga Superior (f'c= 320 KG/CM2) | M3 | 0,61 | 250,00 | 152,50 |
| 3.6 | Asiento de baño macizo | U | 0,80 | 44,93 | 35,94 |
| 4.0 | MAMPOSTERÍA | | | | |
| 4.1 | Paneles , e= 0.04cm ; h=0.20cm (f'c= 320 KG/CM2) | M3 | 3,53 | 250,00 | 882,50 |
| 6.0 | PISOS | | | | |
| 6.1 | Contrapiso H.P (f'c= 320 KG/CM2) | M3 | 1,91 | 250,00 | 477,15 |
| 7.0 | CARPINTERÍA DE HIERRO- MADERA | | | | |
| 7.1 | Puerta principal metálica (incluye colocación) | U | 1,00 | 121,25 | 121,25 |
| 7.2 | Puerta de madera dormitorio y baño (incl. Coloc. Y cerrad.) | U | 3,00 | 112,65 | 337,95 |
| 7.3 | Ventanas de hierro con protección | M2 | 4,95 | 34,88 | 172,66 |
| 7.4 | Vidrio claro de 3mm | M2 | 4,95 | 9,74 | 48,21 |
| 8.0 | CUBIERTA | | | | |
| 8.1 | Cubierta metálica | M2 | 48,27 | 18,76 | 905,60 |
| 9.0 | PIEZAS SANITARIAS | | | | |
| 9.1 | Lavamanos blanco (incluye accesorios) | U | 1,00 | 40,88 | 40,88 |
| 9.2 | Inodoro blanco (incluye accesorios) | U | 1,00 | 70,95 | 70,95 |

| | | | | | |
|------|---|-----|-------|-------|--------|
| 9.3 | Manijas o agarraderas metálicas para baño | U | 1,00 | 76,06 | 76,06 |
| 9.4 | Ducha eléctrica (tipo teléfono) | U | 1,00 | 38,84 | 38,84 |
| 10.0 | INSTALACIONES SANITARIAS Y AGUA POTABLE | | | | |
| 10.1 | Canalización PVC 50mm | PTO | 3,00 | 10,23 | 30,69 |
| 10 | Canalización PVC 110mm | PTO | 2,00 | 23,11 | 46,22 |
| 10.3 | Salida de Agua Potable (incluye accesorios) | PTO | 4,00 | 20,71 | 82,84 |
| 11.0 | INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | |
| 11.1 | Iluminación 110V | PTO | 4,00 | 22,74 | 90,96 |
| 11.2 | Tomacorriente doble para 110V | PTO | 4,00 | 25,35 | 101,40 |
| 11.3 | Tomacorriente doble para 220V | PTO | 2,00 | 32,95 | 65,90 |
| 11.5 | Caja térmica 4 disyuntores | PTO | 1,00 | 55,30 | 55,30 |
| 12.0 | ACABADOS | | | | |
| 12.1 | Acera H.S. (f'c= 180 KG/CM2) e= 6cm | M2 | 3,00 | 10,76 | 32,28 |
| 12.2 | Mesón cocina (incluye fregadero) | MI | 1,78 | 66,11 | 117,68 |
| 12.3 | Revestimiento de cerámica en paredes (baño, cocina y mesón) | M2 | 12,90 | 15,72 | 202,79 |
| 12.4 | Revestimiento de cerámica en piso | M2 | 30,54 | 15,72 | 480,09 |
| 12.5 | Pintura exterior e interior | M2 | 14,60 | 2,62 | 38,26 |
| 12.6 | Cielo Razo falso | M2 | 0,00 | 15,70 | 0,00 |

| | | | | |
|--|-------|--|----|----------|
| SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS | | | \$ | 6.043,75 |
| SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS | 17,5% | | \$ | 1.057,66 |
| TOTAL, DE COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS | | | \$ | 7.101,41 |
| COSTO FINAL DE REFUGIO CIENTÍFICO | | | \$ | 7.101,41 |

Fuente: Elaboración propia, 2020

CONCLUSIONES

El autor de este Proyecto de Investigación participó como voluntario en los procesos de recolección de la basura plástica marina en las islas Galápagos, y en base a esta experiencia, se concluye que la metodología aplicada en los procesos de recolección es adecuada, en cuanto a la participación de la comunidad en la solución a la problemática de la contaminación por basura marina plástica, así como también, la participación de los colonos en la clasificación del material recogido en la planta de gestión de residuos sólidos antes de su envío al Ecuador continental.

Utilizando el criterio de economía circular considerado en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, se concluye que el aprovechamiento de este material plástico, arrastrado por las corrientes oceánicas hacia las islas Galápagos, es perfectamente viable, tanto dentro del Archipiélago como en Ecuador continental, siendo su utilización más cercana en el área de los materiales de construcción.

El presente estudio demostró que existe una amplia gama de nuevos materiales de construcción que se podrían lograr a partir de la combinación de la matriz plástica con adiciones sólidas naturales compatibles de la isla Santa Cruz, ya que las mismas mejoraron las características de resistencia en las probetas ensayadas

Para la determinación de algunas propiedades mecánicas en las probetas, fue necesario trabajar mediante prueba y error, hasta lograr resultados representativos en los ensayos de Compresión Simple. A partir de aquí se ejecutaron ensayos de Tracción Indirecta y de Módulo de Rotura. Los valores encontrados inducen a pensar que estos nuevos materiales podrían producir beneficios en la construcción, además de contribuir con la mitigación de los impactos ambientales generados por la basura marina que llega a las islas arrastradas por las corrientes oceánicas.

De acuerdo con los ensayos realizados los valores de resistencia a la Compresión Simple estuvieron alrededor de los 320 Kg/cm², los de Tracción Indirecta en 68,6 Kg/cm² y el Módulo de Rotura en 194 Kg/cm².

Para el diseño de un prototipo de refugio científico para las islas Galápagos utilizando este nuevo material, fueron utilizados tablonces de 290cm de longitud, 20cm de ancho y 4cm de espesor. La resistencia a la Compresión Simple encontrada por encima de los 320 Kg/cm², permite que estos elementos prefabricados puedan ser empernados a columnas y paredes, pudiendo derivarse su uso para la construcción de vivienda social.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar el diseño del prototipo propuesto de refugios científicos para las islas Galápagos de 36m² que pueda extrapolarse a viviendas sociales en todo el territorio ecuatoriano

Para caracterizar de mejor manera las propiedades mecánicas de este material se recomienda investigar el comportamiento de esfuerzo-deformación del mismo, así como su variación a diferentes temperaturas, resistencia al corte y otros estados límites que son aplicables para materiales de construcción tradicionales.

Investigar la aplicabilidad de este material en pavimentos, vigas, viguetas de cubiertas, columnas, entre otros elementos estructurales.

Realizar nuevas probetas que incluyan una combinación de matriz plástica y otras adiciones compatibles

Hacer un estudio de factibilidad económica y técnica sobre la implementación de una planta para la transformación de esta basura marina plástica que pueda ser aprovechada en el área de la construcción

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración GAD Santa Cruz. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Santa Cruz*. Puerto Ayora: Administración GADs Santa Cruz.
- Andrady, A. (2015). *Persistence of Plastic Litter in the Oceans*. North Carolina: Springer, Cham. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_3
- Asamblea Nacional. (2008). *Constitucion de la Republica de Ecuador*. Quito: LEXIS S.A.
- Asamblea Nacional. (2017). *Codigo Orgánico del Ambiente*. Quito: lexis finder.
- ASTM C-39. American Society of Testing Materials. (2018). *Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto ASTM C39 / C39M-18*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de: <https://www.astm.org/Standards/C39C39M-SP.htm>
- ASTM C-136 American Society of Testing Materials. (2019). *Método de prueba estándar para el análisis de tamices de agregados finos y gruesos ASTM C136 / C136M-19*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/C136.htm>
- ASTM C-293. American Society of Testing Materials. (2016). *Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto (usando una viga simple con carga de punto central) ASTM C293 / C293M-16*. West Conshohocken, PA: ASTM International. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/C293.htm>
- Auza, R., & Encinas, A. (2018). *Procesos de fabricación del plástico*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Barriga, A. (2017). Percepciones de la gestión del turismo en dos reservas de biosfera ecuatorianas: Galápagos y Sumaco. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2017, 110, 125. doi:<https://doi.org/10.14350/rig.47805>
- Beltrán, A. (2017). *Trabajo de proyectos estructurales*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

- Binici, H., & Aksogan, O. (2016). Eco-friendly insulation material production with waste olive seeds, ground PVC and wood chips. *Journal of Building Engineering*, 2016, 5, 260-266. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2016.01.008>
- Bogas, J., de Brito, J., & Figueiredo, J. (2015). Mechanical characterization of concrete produced with recycled lightweight expanded clay aggregate concrete. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 89, 187-195. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.015>
- Cárdenas, O., Sotelo, R., & Chávez, P. (2011). *Diseño y proyección logística de un centro de acopio y manejo de residuos sólidos para el relleno sanitario Doña Juana*. Obtenido de http://www.umng.edu.co/documents/10162/745280/V3N1_3.pdf.
- Castillo, C. (2017). Basalto olivínico. [Figura]. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16186>
- Cecchin, A. (2017). La gestión de los residuos entre formalidad e informalidad: límites y potencialidades para el reciclaje en Galápagos. *UTCIENCIA*, 61, 71. doi:ISSN 2602-8263.
- Chimborazo, C. (2016). *Estudio de un sistema de trituración de botellas de Tereftalato de polietileno, para reducir la contaminación por desechos plásticos en el botadero de la ciudad de Ambato*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/22456>
- UCSG-Consejo Universitario. (2019). *Estatuto de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Guayaquil: Consejo de Educación Superior.
- Cózar A., Echevarría F., González-Gordillo J., Irigoien X., Úbeda B., Hernández-León S., Palma Á.T., Navarro S., García-de-Lomas J., Ruiz A., Fernández-de-Puelles M.L. y Duarte C.M. (2014). 'Plastic debris in the open ocean', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(28), 10239-10244. En: <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>

- Da Costa J.P., Santos P.S.M., Duarte A.C. y Rocha-Santos T. (2016). '(Nano) plastics in the environment – Sources, fates and effects', *Science of the Total Environment*, 566-567, 15-26. En: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.041>
- Dalhat, M., & Al-Abdul, W. (2017). Properties of Recycled Polystyrene and Polypropylene Bounded Concretes Compared to Conventional Concretes. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2017. 29(9), 04017120. doi:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001896](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001896)
- Dirección del Parque Nacional Galápagos. (2014). *Plan de Manejo de las Áreas Protegidas*. Galápagos: Ministerio del Ambiente.
- Diario El Telégrafo. (09 de Febrero de 2018). Plástico amenaza la vida de especies en Galápagos. Obtenido de: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/plastico-amenaza-la-vida-de-especies-en-galapagos>
- Diario El Universo. (17 de Septiembre de 2017). Basura marina afecta los ecosistemas y a las especies en Galápagos. Obtenido de: <https://www.eluniverso.com/vida/2017/09/17/nota/6384316/basura-marina-afecta-ecosistemas-especies-galapagos>
- Diario El Universo. (17 de mayo de 2015). 4R' para disminuir la basura en Galápagos. Obtenido de: <https://www.eluniverso.com/noticias/2015/05/17/nota/4877851/4r-disminuir-basura-galapagos>
- Elías , R. (2015). *Mar de plástico: una revisión del plástico en el mar*. Mar del Plata: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Rodolfo_Elias/publication/313468624_Mar_del_plastico_una_revision_de_los_problemas_del_plastico_en_el_mar/links/589b3328458515e5f4546a7e/Mar-del-plastico-una-revision-de-los-problemas-del-plastico-en-el-mar.pdf
- Estévez, R. (29 de Noviembre de 2019). Datos sobre la contaminación que causa el plástico. *La Nación*.

- Fernández, C., Baptista, P., & Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Caracas: Mc Graw - Hill.
- Ferrer, A. L., Thomé, A. M., & Scavarda, A. J. (2018). Sustainable urban infrastructure: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 360-372. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.07.017>
- Fidias, A. (2016). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. Caracas: Episteme C. A.
- Geyer R., Jambeck J.R y Law K.L. (2017). 'Production, use, and fate of all plastics ever made'. *Science Advances*, 3(7). En: <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Gu, L., & Ozbakkaloglu, T. (2016). Use of recycled plastics in concrete: A critical review. *Waste Management*, 2016. 51, 19-42. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.005>
- H. Congreso Nacional;. (2004). *Ley de Prevención Y Control de Contaminación Ambiental*. Quito: LEXIS S. A.
- Hák, T., Janoušková, S., & Moldan, B. (2016). Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. *Ecological Indicators*, 60, 565-573. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003>
- HIC. (2012). *Estado de las ciudades de América latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana*. Programa de las Naciones Unidas para los asentamientos humanos.
- Hiremath, P. M., & Shetty, S. (2015). *Utilization of waste plastic in manufacturing of plastic-soil bricks*. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.588.6647>
- INEC - Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censos 1950, 1962, 1974, 1982, 1990, 2001, 2010 y 2015. *Principales resultados Censo de Población y Vivienda Galápagos 2015*. Quito, Ecuador.
- Khatib, J. (2016). *Sustainability of construction materials*. Woodhead Publishing.
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable construction: green building design and delivery*. John Wiley & Sons.

- Li, F., Liu, H., Huisingh, D., Wang, Y., & Wang, R. (2017). Shifting to healthier cities with improved urban ecological infrastructure: From the perspectives of planning, implementation, governance and engineering. *Journal of Cleaner Production*, S1-S11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.151>
- Loakeimidis, C., Fotopoulou, K., Karapanagioti, H., Geraga, M., Zeri, C., Papathanassiou, E., . . . Papathroodorou, G. (2016). *The degradation potential of PET bottles in the marine environment: An ATR-FTIR based approach*. Patras: Scientific Reports. doi:10.1038/srep23501
- Muise, I. (2016). Attitudes to the recovery and recycling of agricultural plastics waste: A case study of Nova Scotia, Canada. *Resources, Conservation and Recycling*, 2016, 109, 137- 145. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.02.011>
- Narváez, R. (2015). *Evaluación preliminar del rendimiento energético y de la reducción de emisiones atmosféricas por la generación eléctrica del Sistema de Paneles Solares del Campus de la Universidad San Francisco de Quito en San Cristóbal-Galápagos-Ecuador*. ACI Avances. doi:<https://doi.org/10.18272/aci.v7i1.231>
- Noticias ONU. (12 de Mayo de 2017). La ONU lucha por mantener los océanos limpios de plásticos. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2017/05/1378771>
- Oficial, R. (2018). *Ley Orgánica de Educación Superior. LOES*. Quito: Lexis Finder.
- Organización de las Naciones Unidas. (2019). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Organización de las Naciones Unidas. (2018). Obtenido de Ecuador y ONU Medio Ambiente lanzan un llamado a terminar con la contaminación por plásticos: <https://www.unenvironment.org/pt-br/node/21288>

- Ortiz, E. (2002). *Con los pies en la tierra*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Pandit, A., Minné, E. A., Li, F., Brown, H., Jeong, H., James, J. A., & Yang, P. (2017). Infrastructure ecology: an evolving paradigm for sustainable urban development. *Journal of Cleaner Production*, 163, S19-S27. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.010>
- Pinto, E. (2016). *Corrientes que confluyen en el Pacífico Oriental Ecuatorial frente a las costas del Ecuador*. [Figura]. Recuperado de: <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/articulos/770-el-nino-la-nina-enso-enos-el-nino-modoki-el-nino-canonical-el-nino-extraordinario-el-nino-godzilla-el-nino-costero-el-nino-oriental-en-que-consisten-realmente-y-como-afectan-al-ecuador>
- Real Academia Española. (2019). *Diccionario de la lengua española* (22.^a ed.). Consultado en <http://www.rae.es/rae.html>
- Redacción La Vanguardia. (19 de Marzo de 2018). <https://www.lavanguardia.com/>. Obtenido de Limpiando el paraíso: retiran 22 toneladas de residuos en las islas Galápagos: <https://www.lavanguardia.com/natural/20180319/441678239669/galapagos-basura-recogida-residuos-ecosistema-patrimonio-humanidad.html>
- Rodges, L. (17 de Diciembre de 2018). *La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías*. Obtenido de BBC News: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>
- Rodríguez , A., & Pérez , A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de negocios*, 1-26. doi:Rodríguez , A., & Pérez , A. (2017
- Rodriguez, R. (2015). *Mar del plástico: unarevisión del plástico en el Mar*. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Royo, E., & Montoto, T. (2017). *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. Ecologistas en Acción. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10553/56275>

- Sánchez, S. (2018). *Los retos sociales y ambientales en la Infraestructura Sostenible relacionada con el crecimiento poblacional actual*. Obtenido de <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/3363>
- Santana, M. (2018). La logística inversa y su importancia para la organización y sostenibilidad del medio ambiente. *Revista Científica Multidisciplinaria Base de Conocimiento*, 36, 51.
- Sayadi, A. (2016). Effects of expanded polystyrene (EPS) particles on fire resistance, thermal conductivity and compressive strength of foamed concrete. *Construction and Building Materials*, 2016. 112, 716-724. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.218>
- Schlossberg, T. (26 de Julio de 2017). Obtenido de Ecología. El plástico, la huella más duradera de la humanidad: <http://www.resumenlatinoamericano.org/2017/07/26/ecologia-el-plastico-la-huella-mas-duradera-de-la-humanidad/>
- SENPLADES- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2017). *Plan Nacional Desarrollo 2017-2021*. Quito. Consejo Nacional de Planificación.
- Serra, J. R., Torres, C., García, T., Montalbán, L., & Pellicer, E. (2018). *PROBLEMÁTICA Y NECESIDADES EN LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA INFRAESTRUCTURA URBANA*. Obtenido de <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/1588>
- Shanmugapriya, M., & Santhi, H. (2017). Strength and Chloride Permeable Properties of Concrete with High Density Polyethylene Wastes. *International Journal of Chemical Sciences*, 2017. 15(1).
- Sociedad de las Industrias de los Plásticos (2016). *sistema de código de identificación de resinas*. Obtenido de: <https://www.plasticsindustry.org/>
- Taaffe, J., O'Sullivan, S., Rahman, M. E., & Pakrashi, V. (2015). Experimental characterisation of Polyethylene Terephthalate (PET) bottle Eco-bricks. *Materials & Design*, 60, 50-56.
- Thomé, A. M., Ceryno, P. S., Scavarda, A., & Remmen, A. (2016). Sustainable infrastructure: A review and a research agenda. *Journal of environmental*

management, 184, 143-156.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.080>

- Thomé, A. M., Scavarda, L. F., & Scavarda, A. J. (2016). Conducting systematic literature review in operations management. *Production Planning & Control*, 27(5), 408-420.
doi:<https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1129464>
- Thorneycroft, J., Orr, J., Savoikar, P., & Ball, R. J. (2018). Performance of structural concrete with recycled plastic waste as a partial replacement for sand. *Construction and Building Materials*, 161, 63–69.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.127>
- Villafañe, I. (2018). *Análisis mecánico del material polimérico PET proveniente de botellas de plástico*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Yadama, V., Lowell, E., Peterson, N., & Nicholls, D. (2009). Woodthermoplastic composites manufactured using BeetleKilled Spruce from Alaska. *Polymer Engineering and Science*, 49(1), 129–136. doi: 10.1002/pen.21231
- Yang, S. (2015). Properties of self-compacting lightweight concrete containing recycled plastic particles. *Construction and Building Materials*, 2015. 8, 444-453. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.038>
- Yu, Q., Yue, D., Wang, J., Zhang, Q., Li, Y., Yu, Y., & Li, N. (2017). The optimization of urban ecological infrastructure network based on the changes of county landscape patterns: a typical case study of ecological fragile zone located at Deng Kou. *Journal of cleaner production*, 163, S54-S67. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.014>

ANEXOS

ANEXO 1.- Reconocimiento del vicerrectorado de vinculación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.



Figura 54. - Reconocimiento realizado a la presente investigación por el vicerrectorado de vinculación de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 2.- Certificado de revisión de gramatólogo de la presente tesis de grado.

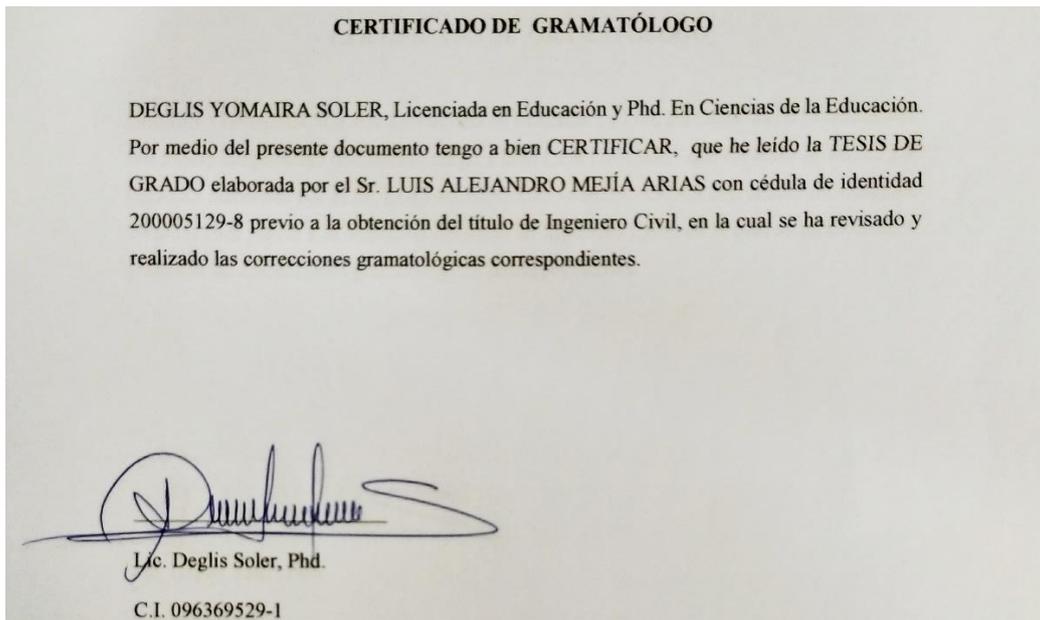


Figura 55. - Certificado de revisión de gramatólogo de la presente tesis de grado.
Fuente: Elaboración propia, 2020

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, LUIS ALEJANDRO MEJIA ARIAS, con C.C: # 2000051298 autor del trabajo de titulación: MATERIALES CONSTRUCTIVOS TRANSFORMANDO BASURA PLÁSTICA ARRASTRADA POR CORRIENTES OCEÁNICAS: MITIGACIÓN AMBIENTAL DE LAS ISLAS GALÁPAGOS previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido Trabajo de Titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido Trabajo de Titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 6 de marzo de 2020

f. _____

Nombre: MEJIA ARIAS LUIS ALEJANDRO

C.C: 2000051298



| REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA | | | |
|---|---|------------------------|-----|
| FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN | | | |
| TEMA Y SUBTEMA: | Materiales constructivos transformando basura plástica arrastrada por corrientes oceánicas: mitigación ambiental de las islas Galápagos | | |
| AUTOR(ES) | Luis Alejandro Mejía Arias | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) | Colón Gilberto Martínez Rehpani | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Ingeniería | | |
| CARRERA: | Ingeniería Civil | | |
| TITULO OBTENIDO: | Ingeniero Civil | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 6 de marzo de 2020 | No. DE PÁGINAS: | 118 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Construcciones sustentables, Habitat y diseño, Economía circular. | | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | materiales constructivos, basura marina plástica, matriz plástica, adiciones sólidas. | | |
| RESUMEN/ABSTRACT | <p>El uso de los materiales constructivos ecológicamente amigables se ha convertido en una de las tendencias actuales con mayor importancia, esto se debe a la necesidad de reducir el impacto ambiental que agrava la situación del planeta, por tal razón el presente trabajo de investigación experimental, tuvo como objetivo fundamentar los procesos de fabricación de materiales de construcción, mediante el uso de la basura marina plástica arrastrada por las corrientes oceánicas hacia las islas Galápagos. Con este fin se participó como voluntario en la jornada de limpieza costera del 2019 en la isla Santa Cruz. El material recolectado fue trasladado</p> | | |



a la Planta de Gestión de Residuos Sólidos, donde se realizó el muestreo y clasificación de los distintos polímeros, estos fueron llevados a una picadora que disminuyó su tamaño y facilitó el proceso de mezclado con adiciones compatibles, se compactó el material en probetas homogéneas. A estas probetas se les realizó ensayos en el Laboratorio Centro de Investigaciones en Ingeniería Estructural Sismo Resistente, donde se obtuvieron los resultados del comportamiento del material a los diferentes esfuerzos, a la compresión simple superó los 300 Kg/cm², a la tracción indirecta fue de 73 Kg/cm² y obtuvo un módulo de rotura de 190 Kg/cm², datos que se observan por encima de las magnitudes de resistencias típicas de materiales de construcción tradicionales, lo cual permitió diseñar tabloneros, los mismos que pueden ser usados como paredes empernables a las columnas para la construcción de refugios científicos prefabricados en las islas Galápagos.

| | | |
|---|---|---|
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: +593978757299 | E-mail: l.a.m.a95@hotmail.com |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE): | Nombre: Clara Catalina Glas Cevallos | |
| | Teléfono: +593-4- 2206956 | |
| | E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec | |
| SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA | | |
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | | |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN: | | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | |