



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

TEMA

**PROTOTIPO DE CAMINERAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS
PARA REEMPLAZO DE MADERA EN EL MUELLE DEL PARQUE
HISTÓRICO, SAMBORONDON**

TUTOR

Ing. KARLA PAMELA CRESPO LEÓN

AUTOR

NELVYN ALEXANDER LEDESMA ANCHUNDIA

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Prototipo De Camineras Con Plásticos Reciclados Para Reemplazo De Madera En El Muelle Del Parque Histórico, Samborondon	
AUTOR/ES: Ledesma Anchundia Nelvyn Alexander	TUTOR: Ing. Crespo León Karla Pamela
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERIA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025	N. DE PÁGS: 91
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Plásticos, Materiales de construcción, Evaluación comparativa, Conservación ambiental	
RESUMEN: El presente estudio evalúa la viabilidad técnica, económica y ambiental de sustituir las piezas de madera de Chanul utilizadas en las camineras del muelle del Parque Histórico de Samborondón por un prototipo de duelas fabricadas con plásticos reciclados. La investigación comprende la comparación de propiedades físicas y mecánicas de ambos materiales, mediante ensayos de flexión y abrasión, así como el análisis de sus dimensiones, peso y compatibilidad estructural. Los resultados indican que, aunque la madera de Chanul presenta mayor resistencia mecánica, la madera plástica cumple con los requisitos de carga establecidos, ofreciendo ventajas como ausencia de desperdicio en la	

fabricación, menores costos de mantenimiento y una vida útil proyectada de 20 años, frente a los 4 años de reemplazo recurrente en el Chanul. El análisis presupuestario evidencia que, si bien el costo inicial de instalación de la madera plástica es superior, su uso representa un ahorro significativo a largo plazo, además de contribuir a la sostenibilidad mediante el reaprovechamiento de residuos plásticos. Se concluye que la implementación progresiva del prototipo de madera plástica es una alternativa viable y sostenible para mejorar la durabilidad y reducir el impacto ambiental de la infraestructura peatonal del Parque Histórico.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (Web):

ADJUNTO PDF:

SI ☒

NO ☐

CONTACTO CON AUTOR/ES:

Ledesma Anchundia Nelvyn Alexander

Teléfono:

0992195076

E-mail:

nledesmaa@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

PH. D MARCIAL CALERO AMORES

Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241

E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec

ING. JORGE ENRIQUE TORRES

Teléfono: (04) 2596500 Ext. 242

E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE SIMILITUD



Tesis Nelvyn Ledesma

Trabajo de titulación Nelvyn Ledesma

14%
Textos sospechosos

3% Similitudes
0% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
2% Idiomas no reconocidos
9% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TT_2025A_LEDESMA.pdf
ID del documento: d6f2f3ded1dab229f58171233280039c9d46bbe4
Tamaño del documento original: 2,58 MB
Autor: Nelvyn Ledesma Anchundia

Depositante: Nelvyn Ledesma Anchundia
Fecha de depósito: 17/8/2025
Tipo de carga: url_submission
Fecha de fin de análisis: 17/8/2025

Número de palabras: 12,307
Número de caracteres: 91,423

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ulvr.edu.ec http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3986/1/IT-ULVR-3348.pdf 14 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (157 palabras)
2	repositorio.ulvr.edu.ec http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2852/1/IT-ULVR-1773.pdf 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (100 palabras)
3	dspace.uteq.edu.mx http://dspace.uteq.edu.mx/bitstream/123456789/226/1/Objetivos Investigación - Jesús Ramón... 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (64 palabras)
4	cia.uagraria.edu.ec https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/NARVAEZ SANCHEZ ELVIS CRISTOBAL.pdf 14 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (62 palabras)
5	www.obraspublicas.gob.ec https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/02/EIA_Pta_Salsipue... 14 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (56 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	doi.org Formulación de los objetivos específicos desde el alcance correlacional e... https://doi.org/10.37811/d_rcm.v4i2.73	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
2	dspace.ucuenca.edu.ec El derecho al medio ambiente sano, ecológicamente eq... http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35602/1/Trabajo de Titulación.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
3	ingenio.frip.utn.edu.ar https://ingenio.frip.utn.edu.ar/index.php/ingenio/article/view/107	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	www.pedagogia.edu.ec https://www.pedagogia.edu.ec/public/docs/discos/8bdbbdc8e2be08fe744479854ebd5d7.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	doi.org The rights of nature in the constitution of Ecuador: a pillar of good living https://doi.org/10.37955/cv.v9i2.384	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/ca2a551d-d1a4-4b51-a549>
- <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.10>
- <https://doi.org/10.59760/8733385.09>
- <https://www.redalyc.org/journal/4779/477970602004/477970602004.pdf>
- <https://barrazacarlos.com/es/ventajas-e-inconvenientes>



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado LEDESMA ANCHUNDIA NELVYN ALEXANDER, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, PROTOTIPO DE CAMINERAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS PARA REEMPLAZO DE MADERA EN EL MUELLE DEL PARQUE HISTÓRICO, SAMBORONDON, corresponde totalmente a él suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor



Firma:

NELVYN ALEXANDER LEDESMA ANCHUNDIA

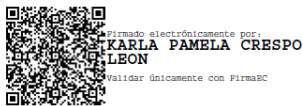
C.I. 0929092310

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación PROTOTIPO DE CAMINERAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS PARA REEMPLAZO DE MADERA EN EL MUELLE DEL PARQUE HISTÓRICO, SAMBORONDON, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: PROTOTIPO DE CAMINERAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS PARA REEMPLAZO DE MADERA EN EL MUELLE DEL PARQUE HISTÓRICO, SAMBORONDON, presentado por el estudiante NELVYN ALEXANDER LEDESMA ANCHUNDIA como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

ING. KARLA PAMELA CRESPO LEON

C.C. 0919203414

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que contribuyeron de una u otra manera en este viaje académico, la paciencia, la ayuda, el apoyo incondicional y la motivación son cosas que valoro mucho y sin duda ha sido fundamental para llegar a la meta de ser Ing. Civil.

DEDICATORIA

Esta tesis y título de ingeniero civil, lo dedico:

A mi madre, por creer siempre en mí, por jamás dejar que me rinda, por ser el ejemplo más grande de esfuerzo y superación que puede existir, por amarme incondicionalmente, por hacer que mi vida y mi existencia sea un sueño.

A mi abuelo, porque después de tanto, al fin puedo decirte que ya lo sé todo, ya vi todas las materias, ya puedo hacerlo todo. Sé que siempre estás aquí, sé que siempre estás conmigo.

A mi pequeña familia, mi Lúcia, aun no lo sabes, pero significas mucho en este trabajo, con la ayuda de tu mami logramos hacerlo.

Y a mi mismo, porque sí, porque sabíamos que lo haríamos y porque finalmente lo hicimos, lo hiciste flaco, bien, felicidades y ahora sí, ahora ya estas listo. ¡Hazlo!

RESUMEN

El presente estudio evalúa la viabilidad técnica, económica y ambiental de sustituir las piezas de madera de Chanul utilizadas en las camineras del muelle del Parque Histórico de Samborondón por un prototipo de duelas fabricadas con plásticos reciclados. La investigación comprende la comparación de propiedades físicas y mecánicas de ambos materiales, mediante ensayos de flexión y abrasión, así como el análisis de sus dimensiones, peso y compatibilidad estructural. Los resultados indican que, aunque la madera de Chanul presenta mayor resistencia mecánica, la madera plástica cumple con los requisitos de carga establecidos, ofreciendo ventajas como ausencia de desperdicio en la fabricación, menores costos de mantenimiento y una vida útil proyectada de 20 años, frente a los 4 años de reemplazo recurrente en el Chanul. El análisis presupuestario evidencia que, si bien el costo inicial de instalación de la madera plástica es superior, su uso representa un ahorro significativo a largo plazo, además de contribuir a la sostenibilidad mediante el reaprovechamiento de residuos plásticos. Se concluye que la implementación progresiva del prototipo de madera plástica es una alternativa viable y sostenible para mejorar la durabilidad y reducir el impacto ambiental de la infraestructura peatonal del Parque Histórico.

Palabras clave: Plásticos, Materiales de construcción, Evaluación comparativa, Conservación ambiental

ABSTRACT

This study evaluates the technical, economic, and environmental feasibility of replacing the Chanul wood pieces used in the walkways of the Samborondón Historical Park pier with a prototype of staves made of recycled plastics and a metal core. The research includes a comparison of the physical and mechanical properties of both materials through bending and abrasion tests, as well as an analysis of their dimensions, weight, and structural compatibility. The results indicate that, although Chanul wood has greater mechanical resistance, plastic lumber meets the established load requirements, offering advantages such as absence of manufacturing waste, lower maintenance costs, and a projected useful life of 20 years, compared to the four years of recurrent replacement for Chanul. The budget analysis shows that, although the initial installation cost of plastic lumber is higher, its use represents significant long-term savings, in addition to contributing to sustainability through the reuse of plastic waste. It is concluded that the progressive implementation of the plastic-wood prototype is a viable and sustainable alternative to improve the durability and reduce the environmental impact of the Historic Park's pedestrian infrastructure.

Keywords: Plastics, Construction Materials, Benchmarking, Environmental Conservation

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	3
1.1 Tema	3
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.3 Objetivo General.....	4
1.4 Objetivos Específicos	4
1.5 Planteamiento del Problema.....	4
1.6 Hipótesis.....	5
1.7 Línea de Investigación Institucional.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO REFERENCIAL.....	6
2.1 Marco Teórico.....	6
2.1.1 <i>Antecedentes del Problema</i>	6
2.1.1.1 Consolidación del Uso de Materiales Reciclados	8
2.1.1.2 Transición hacia la Economía Circular	9
2.1.2 <i>Ensayos y Modelos de Resistencia</i>	9
2.1.3 <i>Importancia del Procesamiento y la Dosificación</i>	10
2.1.4 <i>Modelos Teóricos para la predicción del Comportamiento</i>	11
2.1.5 <i>Principios Fundamentales de la Economía Circular</i>	11
2.1.6 <i>Evaluación del Ciclo de Vida (LCA)</i>	12
2.1.7 <i>Modelos de Sostenibilidad Integrados</i>	13
2.1.8 <i>Innovación en el Diseño y Procesos Constructivos</i>	13
2.1.9 <i>Estrategias para la Sustentabilidad en Infraestructuras</i>	14
2.1.10 <i>Impacto Económico y Retorno de Inversión</i>	14
2.1.11 <i>Madera como material estructural en camineras</i>	14

2.1.11.1. Características físico-mecánicas de la madera de Chanul.	14
2.1.11.2. Ventajas y limitaciones del uso de madera natural.....	15
2.1.11.3. Mantenimiento y durabilidad de la madera en exteriores.	15
2.1.11.4. Comportamiento estructural de la madera bajo cargas vivas.	16
2.1.12 <i>Plásticos reciclados como materiales de construcción</i>	17
2.1.12.1. Tipos de plásticos reciclados aplicables a elementos estructurales.	17
2.1.12.2. Proceso de fabricación de elementos plásticos tipo duela.	18
2.1.12.3. Propiedades físico-mecánicas de los plásticos reciclados.	19
2.1.12.4. Durabilidad, resistencia a la intemperie y comportamiento al desgaste.....	20
2.1.12.5. Aplicaciones similares en obras civiles.....	21
2.1.13 <i>Comparación técnica entre madera y plástico reciclado</i>	22
2.1.13.1. Compatibilidad dimensional y peso estructural.....	22
2.1.13.2. Ensayos de flexión y análisis de resistencia.....	22
2.1.13.3. Ensayos de abrasión y durabilidad en zonas de tránsito.....	23
2.1.13.4. Impacto de los materiales en el diseño estructural y cimentación existente.....	24
2.1.14 <i>Criterios de accesibilidad y seguridad en espacios públicos</i>	25
2.2 Marco Legal	27
2.2.1 <i>Constitución de la República del Ecuador</i>	27
2.2.1.1. Derecho a un ambiente sano.....	27
2.2.1.2. Principio de Sostenibilidad.....	27
2.2.2 <i>Normas y Tratados Internacionales</i>	28
2.2.2.1. Decisión 584.....	28
2.2.2.2. Acuerdos internacionales sobre economía circular y reutilización de materiales.....	28
2.2.3 <i>Legislación Nacional Relevante</i>	29

2.2.3.1. Código Orgánico del Ambiente (COA).....	29
2.2.3.2. Ley Orgánica del Servicio Público (LOSEP).....	30
2.2.3.3. Código de Trabajo.	30
2.2.4 <i>Decretos Ejecutivos y Acuerdos Ministeriales</i>	31
2.2.4.1. Decreto Ejecutivo 2293.....	31
2.2.4.2. Resolución 513.....	31
2.2.5 <i>Normativas Locales y Ordenanzas Municipales</i>	32
2.2.5.1. Ordenanzas de construcción y mantenimiento del cantón Samborondón.....	32
2.2.5.2. Regulaciones de uso de espacios públicos y turísticos en el Parque Histórico	32
2.2.6 <i>Marcos Reguladores Internacionales</i>	33
2.2.7 <i>Interacción entre Tecnología y Normativa</i>	34
2.2.8 <i>Enfoque Interdisciplinario</i>	34
2.2.9 <i>Modelos de Simulación y Análisis Predictivo</i>	35
2.2.10 <i>Aplicaciones en Entornos Patrimoniales</i>	35
2.2.11 <i>Discusión y Síntesis de Corrientes Teóricas Relevantes</i>	36
CAPÍTULO III	38
MARCO METODOLÓGICO	38
3.1 Enfoque de la investigación	38
3.2 Alcance de la investigación	38
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos	39
3.4 Población y muestra	41
3.4.1. <i>Población</i>	41
3.4.2. <i>Muestra</i>	41
CAPÍTULO IV.....	42
PROPUESTA O INFORME.....	42

4.1 Presentación y análisis de resultados.....	42
4.1.1 <i>Características de los materiales</i>	42
4.1.2 <i>Ensayos realizados</i>	47
4.1.3 <i>Factores económicos</i>	49
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de la madera.....	17
Figura 2. Polietileno de alta densidad (HDPE).	18
Figura 3. Polietileno reciclado.	18
Figura 4. Conformación del plástico	19
Figura 5. Aplicaciones del plástico en obras civiles.	21
Figura 6. Ensayo de Flexión.....	23
Figura 7. Prueba de Abrasión.	24
Figura 8. Cimentación superficial.	25
Figura 9. Problema de Accesibilidad Inclusiva.	26
Figura 10. Pieza de madera Chanul.....	43
Figura 11. Pieza prototipo de madera plástica.	44
Figura 12. Detalle de superficie de Muelle	44
Figura 13. Ensayo del prototipo de madera plástica	47
Figura 14. Ensayo de la madera Chanul.	48
Figura 15. Rubro de sustitución de tablones dañados Inc. Cuadro de Madera.....	51
Figura 16. Rubro de suministro e instalación de plástico en formato tablones.	52
Figura 17. Comparación de Costos de Mantenimiento.	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas e instrumentos	39
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba de flexo-compresión (Madera de Chanul).....	68
Anexo 2. Prueba de flexo-compresión (Madera Plástica).	68
Anexo 3. Dimensionamiento de pieza de Madera de Chanul.....	69
Anexo 4. Dimensionamiento de pieza de Madera Plástica.	69
Anexo 5. Momento de rotura de Madera Plástica.	70
Anexo 6. Resultado de ensayo de flexión en Madera de Chanul.....	70
Anexo 7. Resultado de ensayo de flexión en Madera Plástica.....	71
Anexo 8. Prueba de Abrasión (Madera de Chanul).....	71
Anexo 9. Resultado de prueba de abrasión (Madera de Chanul.)	72
Anexo 10. Prueba de Abrasión (Madera Plástica)	72
Anexo 11. Resultado de prueba de abrasión (Madera Plástica.)	73
Anexo 12. Comparación de prueba de abrasión.	73
Anexo 13. Rubros de Mantenimiento y Readecuación (EPMPS).....	74

INTRODUCCIÓN

El muelle del Parque Histórico es una estructura de gran relevancia turística y ecológica, cuyo mantenimiento demanda materiales duraderos y sostenibles. En la actualidad, las tablas de madera empleadas en su construcción muestran una elevada degradación a causa de la exposición continua a factores climáticos, humedad y el tránsito de visitantes.

La gran cantidad de visitas durante los últimos años ha puesto en evidencia que las instalaciones del Parque Histórico, sobre todo, el muelle del río Daule presenta desgaste y serios daños en su superficie de la caminera, siendo un peligro para los visitantes del lugar, sobre todo considerando que la última inclusión de la oferta turística del Parque Histórico son los paseos en bote por el Río Daule.

Una vez identificada la urgencia de rehabilitar completamente la caminera del muelle, se han realizado propuestas para iniciar con el proyecto. Sin embargo, un programa de mantenimiento constante para las tablas de madera supone un gasto desmedido. En este escenario, se presenta la oportunidad de elaborar un prototipo de caminera hecho de plásticos reciclados para valorar su factibilidad como reemplazo de la infraestructura original del muelle.

Experiencias en otros países han demostrado que las caminaderas diseñadas con plásticos reciclados pueden proporcionar una alternativa resistente, disminuyendo el efecto en el medio ambiente y favoreciendo la economía circular. Además, se evidencia que es posible utilizar materiales que proporcionen el aspecto de la madera en lugares históricos, disminuyendo los gastos de conservación y potenciando su durabilidad a lo largo del tiempo.

La transformación del sector de la construcción hacia modelos más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente ha impulsado el desarrollo de alternativas que permitirán reducir la dependencia de materiales tradicionales, como la madera, y disminuir los costos de mantenimiento en infraestructuras críticas.

Con el fin de dar estructura a esta investigación, el documento se organiza en cinco capítulos:

En el Capítulo 1, se expone la problemática, los objetivos y la justificación del estudio, enmarcando la importancia de evaluar el uso de plásticos reciclados como sustituto de la madera en la caminera del muelle.

En el Capítulo 2, se presentan los antecedentes, bases teóricas y experiencias internacionales que respaldan la viabilidad técnica y ambiental del uso de plásticos reciclados en infraestructuras similares.

En el Capítulo 3, se describe el diseño de investigación, las técnicas empleadas y el proceso seguido para la elaboración del prototipo.

En el Capítulo 4, se desarrolla la propuesta del prototipo de caminera, incluyendo especificaciones técnicas, análisis de factibilidad y beneficios esperados.

Finalmente, se presentan los principales hallazgos de la investigación y se plantean sugerencias para la implementación y futura replicación del modelo.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema

Prototipo de camineras con plásticos reciclados para reemplazo de madera en el muelle del Parque Histórico, Samborondón.

1.2 Formulación del Problema

La durabilidad de la madera que se encuentra actualmente en el muelle está deteriorada, lo que ocasiona dificultades para las empresas de transporte y turismo fluvial en la región. Es necesario sustituir estos componentes de madera por componentes nuevos que faciliten el tránsito habitual, de tal forma que su resistencia sea prolongada y los gastos de mantenimiento sean reducidos. En este sentido, el estudio busca determinar si la incorporación de materiales reciclados en las camineras del muelle no solo ofrece ventajas económicas y de mantenimiento, sino que también contribuye a la reducción de residuos y fomenta prácticas constructivas sostenibles.

La problemática no se limita únicamente a un desgaste físico de los materiales, sino que refleja una carencia de soluciones que respondan a las exigencias actuales de durabilidad y sostenibilidad. El deterioro de la madera implica constantes interrupciones en la operación del muelle, generando sobre costos y afectando la competitividad de las actividades turísticas y comerciales que dependen de esta infraestructura. Al mismo tiempo, la sustitución periódica de los tablones tradicionales conlleva un impacto ambiental, tanto por la extracción continua de recursos forestales como por la disposición inadecuada de los desechos.

En este marco, la posibilidad de introducir plásticos reciclados como reemplazo plantea un doble desafío y una doble oportunidad. Por un lado, es necesario evaluar si este material cumple con los estándares de resistencia y seguridad que demanda un muelle fluvial sometido a cargas constantes y condiciones ambientales adversas. Por otro, se abre la oportunidad de integrar un enfoque circular en la construcción, donde un residuo urbano se transforma en un insumo útil para la infraestructura.

1.3 Objetivo General

Evaluar la viabilidad técnica y económica del uso de un prototipo de duela fabricada con plástico reciclado como alternativa a la madera natural de Chanul en la construcción de camineras, mediante la comparación de sus propiedades físicas, dimensionales y mecánicas, así como el análisis de costos de diseño, fabricación e instalación.

1.4 Objetivos Específicos

- Comparar las propiedades físicas y dimensionales entre la madera natural de Chanul y el prototipo de duela fabricada con plástico reciclado, evaluando su compatibilidad para el reemplazo estructural en camineras existentes.
- Analizar el comportamiento mecánico de ambos materiales mediante ensayos de flexión y abrasión, para determinar su resistencia a cargas vivas y desgaste.
- Realizar un presupuesto de los costos de diseño, fabricación e instalación del prototipo de camineras.

1.5 Planteamiento del Problema

La ciudad de Samborondón, es un área en crecimiento con interés en sostenibilidad y conservación del medio ambiente, donde se está explorando el uso de materiales reciclados en proyectos de infraestructura. El Parque Histórico, ubicado junto a la ribera del Río Guayas, tiene un muelle que posibilita la navegación fluvial.

Este muelle, de gran importancia ecológica y turística, sufre un deterioro significativo debido al empleo de tablas de madera en sus pasillos, que se encuentran expuestos a la humedad y el tráfico constante de turistas. Este desperfecto no solo eleva los gastos de mantenimiento, sino que también provoca efectos ecológicos por la constante producción de nuevas tablas.

Es importante destacar que la construcción de este muelle se remonta a 1999, año desde el que se han llevado a cabo numerosas reparaciones debido al transcurso del tiempo y la severidad climática. No obstante, se pueden apreciar los daños que

posee el muelle en la actualidad, surgiendo la propuesta de transformarlo en uno ecológico, sustituyendo directamente los paneles de madera.

Según datos de entidades ambientales, el uso de madera en la infraestructura pública ha fomentado la disminución de bosques tropicales, impactando la biodiversidad y elevando la huella de carbono. Alternativas sustentables, como el empleo de plásticos reciclados, son una opción factible en varias ciudades del mundo, extendiendo la durabilidad de las construcciones urbanas.

Dada esto, surge la necesidad de evaluar la factibilidad de un prototipo de camineras hechos de plásticos reciclados en el muelle del Parque Histórico. El propósito de esta iniciativa busca progresar en el ámbito de la protección del medio ambiente, así como prevenir accidentes de peatones en el tránsito del muelle. Este análisis facilitará el análisis de la resistencia, durabilidad y gastos de aplicación de esta opción, fomentando el crecimiento de infraestructura sustentable en la zona.

¿Qué diferencias técnicas, estructurales y económicas existen entre la madera de Chanul y un prototipo de caminera fabricado con plástico reciclado, en términos de compatibilidad dimensional, resistencia mecánica y costos de instalación y mantenimiento, para su aplicación en el muelle del Parque Histórico de Samborondón?

1.6 Hipótesis

El reemplazo de las tablas de madera del muelle por un prototipo de caminera hecho de plástico reciclado favorecerá el crecimiento y optimización del espacio, potenciando su robustez estructural, eficiencia económica y aporte al medio ambiente.

1.7 Línea de Investigación Institucional.

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Antecedentes del Problema

El muelle del Parque Histórico es una estructura de gran relevancia turística y ecológica, cuyo mantenimiento demanda materiales duraderos y sostenibles. En la actualidad, las tablas de madera empleadas en su construcción muestran una elevada degradación a causa de la exposición continua a factores climáticos, humedad y el tránsito de visitantes.

La gran cantidad de visitas durante los últimos años ha puesto en evidencia que las instalaciones del Parque Histórico, sobre todo, el muelle del río Daule presenta desgaste y serios daños en su superficie de la caminera, siendo un peligro para los visitantes del lugar, sobre todo considerando que la última inclusión de la oferta turística del Parque Histórico son los paseos en bote por el Río Daule.

Una vez identificada la urgencia de rehabilitar completamente la caminera del muelle, se han realizado propuestas para iniciar con el proyecto. Sin embargo, un programa de mantenimiento constante para las tablas de madera supone un gasto desmedido. En este escenario, se presenta la oportunidad de elaborar un prototipo de caminera hecho de plásticos reciclados para valorar su factibilidad como reemplazo de la infraestructura original del muelle.

Experiencias en otros países han demostrado que las caminaderas diseñadas con plásticos reciclados pueden proporcionar una alternativa resistente, disminuyendo el efecto en el medio ambiente y favoreciendo la economía circular. Además, se evidencia que es posible utilizar materiales que proporcionen el aspecto de la madera en lugares históricos, disminuyendo los gastos de conservación y potenciando su durabilidad a lo largo del tiempo.

La transformación del sector de la construcción hacia modelos más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente ha impulsado el desarrollo de alternativas que permitirán reducir la dependencia de materiales tradicionales, como la madera, y disminuir los costos de mantenimiento en infraestructuras críticas.

En este contexto, la aplicación de materiales reciclados (en particular, el plástico reciclado) se ha posicionado como una solución innovadora que contribuye a la economía circular y la preservación de los recursos naturales (Peña Escobar, 2022).

El presente marco teórico se centra en la fundamentación conceptual del uso de materiales reciclados en la construcción, abordando temas relacionados con las propiedades físico-mecánicas, el impacto ambiental, la integración de tecnologías innovadoras, la normativa aplicable y la interacción de diversas corrientes teóricas que permiten comprender la viabilidad de sustituir la madera por componentes derivados del reciclaje de plásticos.

La revisión se fundamenta en estudios recientes y en marcos conceptuales que han evolucionado en las últimas décadas, y que hoy en día permiten justificar la implementación de soluciones constructivas más resilientes y sostenibles.

Orígenes y Primeros Estudios.

Los inicios de la investigación en materiales reciclados se remontan a la necesidad de gestionar eficientemente los residuos generados por la industria y la sociedad. Investigadores como Peña Escobar (2022) realizaron estudios pioneros en los que se exploró la viabilidad de reutilizar papel y cartón reciclado para la fabricación de adoquines, demostrando que estos materiales podían ofrecer propiedades competitivas en términos de resistencia y durabilidad. Dichos estudios iniciales sentaron las bases para el desarrollo de nuevas aplicaciones en el sector de la construcción.

A raíz de estos trabajos iniciales, se amplió el enfoque hacia la exploración de otros tipos de residuos, como los plásticos y metales, evaluando su potencial para ser transformados en materiales de construcción. Estas investigaciones emergentes no solo evidenciaron la posibilidad de aprovechar desechos post-consumo para crear productos estructurales, sino que también impulsaron el desarrollo de técnicas de procesamiento innovadoras que aseguran la homogeneidad y la resistencia de los compuestos obtenidos.

En consecuencia, se estableció un precedente para considerar los residuos no como desechos, sino como recursos valiosos, lo que marcó un cambio paradigmático en la forma de abordar la sostenibilidad en la construcción.

2.1.1.1 Consolidación del Uso de Materiales Reciclados. La evolución de la investigación condujo a la ampliación del espectro de materiales reciclables, siendo el plástico uno de los más estudiados. Contreras (2023) amplió la discusión al analizar la fabricación y las propiedades físico-mecánicas de componentes estructurales elaborados a partir de plásticos reciclados, evidenciando que, mediante técnicas de procesamiento adecuadas, es posible obtener materiales con alto desempeño estructural. Esta etapa consolidó el concepto de que el reciclaje no solo es una estrategia de gestión de residuos, sino también una oportunidad para innovar en la construcción (Contreras, 2023).

A medida que se perfeccionaron las técnicas de procesamiento, se logró combinar los plásticos reciclados con aditivos y refuerzos, lo que mejoró significativamente sus propiedades mecánicas. Estos avances permitieron desarrollar compuestos que, además de exhibir una alta resistencia estructural, ofrecen una mayor durabilidad frente a las condiciones ambientales adversas.

Estudios posteriores han evidenciado que, mediante ajustes precisos en la formulación y el procesamiento, es posible obtener materiales que compiten favorablemente con los tradicionales en términos de rigidez, resistencia a la fatiga y estabilidad dimensional.

2.1.1.2 Transición hacia la Economía Circular. El surgimiento de la economía circular como paradigma de desarrollo ha reforzado la necesidad de incorporar materiales reciclados en la construcción. La premisa de reducir, reutilizar y reciclar se ha convertido en el pilar central para minimizar la explotación de recursos naturales y disminuir la generación de residuos. Estudios recientes han vinculado directamente la utilización de materiales reciclados con la reducción de la huella de carbono y la optimización del ciclo de vida de los productos constructivos (Zambrano Mora, 2022).

La implementación de estos principios no solo se traduce en beneficios medioambientales, sino que también ofrece ventajas económicas y sociales. La adopción de la economía circular impulsa la innovación en procesos productivos y la creación de empleos en sectores relacionados con el reciclaje y la gestión de residuos, lo cual contribuye al fortalecimiento de la competitividad en la industria de la construcción.

Esta orientación hacia la reutilización de materiales no solo optimiza el ciclo de vida de los productos constructivos, sino que también reduce la dependencia de materias primas no renovables, promoviendo una mayor resiliencia y sostenibilidad a largo plazo en los proyectos de infraestructura.

2.1.2 Ensayos y Modelos de Resistencia

La evaluación de las propiedades físico-mecánicas es esencial para determinar la idoneidad de los materiales reciclados en aplicaciones estructurales. Se han desarrollado metodologías experimentales que incluyen ensayos de compresión, tracción y flexión, permitiendo comparar de forma sistemática la resistencia de materiales tradicionales (como la madera) con la de compuestos derivados del reciclaje de plástico (García & López, 2024).

Dichos ensayos revelan que, mediante un control riguroso de la dosificación y el proceso de fabricación, los materiales reciclados pueden alcanzar niveles de resistencia adecuados para aplicaciones en infraestructura (García & López, 2024).

La evaluación rigurosa de las propiedades físico-mecánicas no solo permite comparar la resistencia de los materiales reciclados con los tradicionales, sino que también contribuye a optimizar la formulación y el proceso de fabricación. Por ejemplo, mediante ensayos específicos se pueden determinar parámetros críticos como la densidad, el módulo de elasticidad y la resistencia a la fatiga, lo cual es esencial para prever el comportamiento a largo plazo de los compuestos en condiciones reales de servicio. Estas pruebas experimentales facilitan la identificación de las condiciones óptimas de curado, la correcta integración de aditivos y refuerzos, y la compatibilidad entre las diferentes fases del material (García & López, 2024).

2.1.3 Importancia del Procesamiento y la Dosificación

La calidad final de un material reciclado depende en gran medida del proceso de tratamiento y de la dosificación de los componentes. La incorporación de aditivos y la optimización de la mezcla, sumadas a la integración de elementos complementarios (por ejemplo, núcleos metálicos), potencian la capacidad del material para soportar cargas y resistir a la degradación ambiental. Estos procesos permiten ajustar la estructura interna del compuesto, generando un material homogéneo con propiedades mecánicas superiores (Mora Carmigniani, 2024).

La implementación de procesos de tratamiento avanzados, como la extrusión y el moldeo por inyección controlados, contribuye a la formación de una red molecular uniforme que mejora la cohesión entre las fases del compuesto. La incorporación de agentes de compatibilización química, en combinación con tratamientos térmicos precisos, permite reducir la presencia de defectos microestructurales y optimizar la interacción entre los polímeros y los núcleos metálicos.

Estas técnicas, junto con un monitoreo constante a través de métodos analíticos como la tomografía computarizada y la espectroscopía infrarroja, aseguran que las variaciones en la dosificación se minimicen, garantizando así una mayor homogeneidad y, por ende, un desempeño estructural superior. En consecuencia, se obtiene un material reciclado que no solo exhibe alta resistencia y durabilidad, sino que también ofrece estabilidad dimensional y resistencia a la fatiga, posicionándolo como una alternativa viable y competitiva frente a los materiales convencionales.

2.1.4 Modelos Teóricos para la predicción del Comportamiento

El desarrollo de modelos matemáticos y de simulación ha sido crucial para predecir el comportamiento a largo plazo de los materiales reciclados. Los investigadores han propuesto modelos que integran variables como la densidad, el módulo de elasticidad y los índices de fatiga para simular escenarios de carga y desgaste (Mendoza Ramirez, 2024). Estos modelos teóricos permiten comparar directamente el rendimiento de los materiales reciclados con el de la madera, proporcionando una base cuantitativa para la toma de decisiones en el diseño de infraestructuras.

Al calibrar estos modelos con datos experimentales, los investigadores han logrado ajustar y validar sus simulaciones, lo que proporciona una herramienta robusta para optimizar el diseño de infraestructuras. En consecuencia, estos modelos teóricos permiten comparar de forma cuantitativa el comportamiento de los materiales reciclados con el de la madera, ofreciendo una base sólida para la toma de decisiones en el diseño de estructuras que buscan maximizar la eficiencia y durabilidad a largo plazo.

2.1.5 Principios Fundamentales de la Economía Circular

La economía circular se fundamenta en la idea de que los recursos deben mantenerse en uso el mayor tiempo posible, extrayendo el máximo valor de ellos antes de ser reciclados o reutilizados. Este enfoque reduce la dependencia de recursos no renovables y minimiza la generación de residuos (Hernandez Sánchez, 2025).

En el ámbito de la construcción, la transformación de plásticos desechados en componentes estructurales es una aplicación práctica de estos principios, permitiendo la creación de productos con una vida útil prolongada y un impacto ambiental reducido (Hernandez Sánchez, 2025).

Este enfoque fomenta la innovación en el diseño y la fabricación de materiales, ya que incentiva el desarrollo de procesos de transformación que maximizan el aprovechamiento de los residuos plásticos. La aplicación de estos principios no solo contribuye a reducir la huella ambiental y la dependencia de recursos no renovables, sino que también genera beneficios económicos al disminuir los costos de extracción y procesamiento de materias primas. Estudios recientes destacan que la integración de la economía circular en el sector de la construcción impulsa la creación de productos con mayor resiliencia, eficiencia y vida útil prolongada, lo que se traduce en una significativa reducción de residuos y emisiones de carbono. (Neira Loza, 2022).

2.1.6 Evaluación del Ciclo de Vida (LCA)

El análisis del ciclo de vida (LCA) se ha convertido en una herramienta indispensable para medir el impacto ambiental de los materiales a lo largo de todas las etapas de su existencia, desde la extracción y procesamiento hasta la disposición final. A pesar de los procesos energéticos requeridos para el reciclaje, el ACV de los plásticos reciclados muestra una reducción significativa en emisiones de CO₂ y en la explotación de recursos naturales, en comparación con la producción de materiales convencionales. Este enfoque holístico respalda la adopción de materiales reciclados como una estrategia para el desarrollo sostenible (Martínez Nieves, 2022).

Esta metodología ofrece información valiosa que guía la toma de decisiones hacia estrategias más sostenibles, permitiendo a los ingenieros y responsables de políticas ambientales diseñar procesos que minimicen la huella ecológica de los productos reciclados (Lascano Montes, 2023).

En consecuencia, el enfoque holístico del ACV no solo subraya la ventaja comparativa de los plásticos reciclados en términos de impacto ambiental, sino que también refuerza su adopción como una estrategia clave para alcanzar un desarrollo sostenible, alineándose con los objetivos globales de conservación de recursos y mitigación del cambio climático. (Lascano Montes, 2023).

2.1.7 Modelos de Sostenibilidad Integrados

Diversos teóricos han propuesto modelos integrados que combinan la eficiencia económica con la sustentabilidad ambiental. La implementación de materiales reciclados en la construcción debe considerarse no solo desde el punto de vista técnico, sino también como parte de un sistema de gestión ambiental y económica. Estos modelos sugieren que la inversión en tecnologías de reciclaje y en la mejora de procesos productivos se traduce en beneficios a largo plazo, tanto en términos de ahorro energético como en la conservación de la biodiversidad (Delgado Larrea, 2021).

Esta integración estratégica no solo aborda las necesidades técnicas y económicas del sector de la construcción, sino que además impulsa la transición hacia una economía circular, en la cual los residuos se convierten en insumos valiosos para nuevos productos. En consecuencia, la adopción de estos enfoques integrados se erige como una herramienta esencial para transformar la gestión ambiental y económica en el ámbito constructivo, generando un impacto positivo tanto a nivel empresarial como en la sostenibilidad global. (Vargas Bazurto, 2022).

2.1.8 Innovación en el Diseño y Procesos Constructivos

La innovación en ingeniería civil implica la incorporación de nuevos materiales y tecnologías que permiten optimizar los procesos constructivos. La integración de tecnologías emergentes—como la impresión 3D y el modelado computacional—ha facilitado la adopción de materiales reciclados en el diseño de infraestructuras (Álvarez Cruz, 2023)

La innovación no solo mejora el desempeño estructural, sino que también ofrece ventajas en términos de rapidez en la ejecución y reducción de costos operativos, aspectos clave en proyectos de rehabilitación y mantenimiento (Álvarez Cruz, 2023).

2.1.9 Estrategias para la Sustentabilidad en Infraestructuras

El enfoque hacia la sustentabilidad en la ingeniería civil abarca tanto la selección de materiales como la implementación de estrategias que aseguran la durabilidad y resiliencia de las estructuras. La integración de soluciones tecnológicas y de diseño, orientadas a mejorar la eficiencia energética y la gestión de recursos, es fundamental para desarrollar infraestructuras que responden a los desafíos ambientales actuales. La combinación de plásticos reciclados con núcleos metálicos en el diseño de camineras se marca en esta tendencia, ofreciendo una solución que equilibra innovación y sustentabilidad (Albán Hidalgo, 2024).

2.1.10 Impacto Económico y Retorno de Inversión

A pesar de que la inversión inicial en nuevas tecnologías y materiales reciclados puede ser elevada, a largo plazo, los beneficios derivados de la reducción en los costos de mantenimiento y la mayor durabilidad de las estructuras justifican el cambio. Estos autores sostienen que la optimización en el uso de recursos y la implementación de prácticas innovadoras se traducen en un retorno de inversión favorable, lo cual es crucial para la viabilidad de proyectos de gran envergadura (Vera Castillo, 2024).

2.1.11 Madera como material estructural en camineras

2.1.11.1. Características físico-mecánicas de la madera de Chanul. La madera de Chanul, proveniente del *Humiriastrum procerum*, es notable por una combinación inusual de resistencia y estética. Su tonalidad oscila entre el marrón oscuro y el negro, con vetas finas que, al ser trabajadas, revelan un brillo natural que muchos ebanistas aprecian. Respecto a la densidad, suele registrar valores entre 850 y 950 kg/m³ al 12% de humedad, lo que la ubica entre las maderas pesadas, dificultando su manipulación manual, pero otorgándole una durabilidad estructural significativa (Leyton & Cabrera, 2012).

Mecánicamente, su comportamiento frente a esfuerzos de compresión y flexión transversal ha sido objeto de diversos ensayos. Se han encontrado módulos de ruptura próximos a los 120 MPa, lo que indica una importante capacidad de carga, aunque el grado de secado y las condiciones de crecimiento pueden modificar los resultados. Su dureza hace que no sea raro que muestre cierta resistencia al clavado directo, lo que requiere pre-perforar en aplicaciones exigentes (Leyton & Cabrera, 2012).

2.1.11.2. Ventajas y limitaciones del uso de madera natural. La madera natural ha acompañado a la construcción y el diseño desde tiempos remotos. Su origen orgánico, su textura variable y su capacidad de envejecer con dignidad la convierten en una opción atractiva para quienes valoran lo auténtico. Un piso de roble, por ejemplo, puede durar más de medio siglo si recibe el mantenimiento adecuado. Las propiedades térmicas de muchas especies también ofrecen ventajas: en climas templados, ayudan a mantener interiores cálidos sin depender exclusivamente de sistemas artificiales (Barraza, 2024).

No obstante, la madera, al ser un material vivo, responde a las condiciones de su medio ambiente. Alteraciones en la humedad pueden generar dilataciones o contracciones, lo cual puede ser un reto en algunas aplicaciones estructurales. La madera también se comporta de manera diferente dependiendo de su corte, secado y el tipo de ensamblaje al que es sometida, lo cual introduce variables difíciles de predecir con precisión (Barraza, 2024).

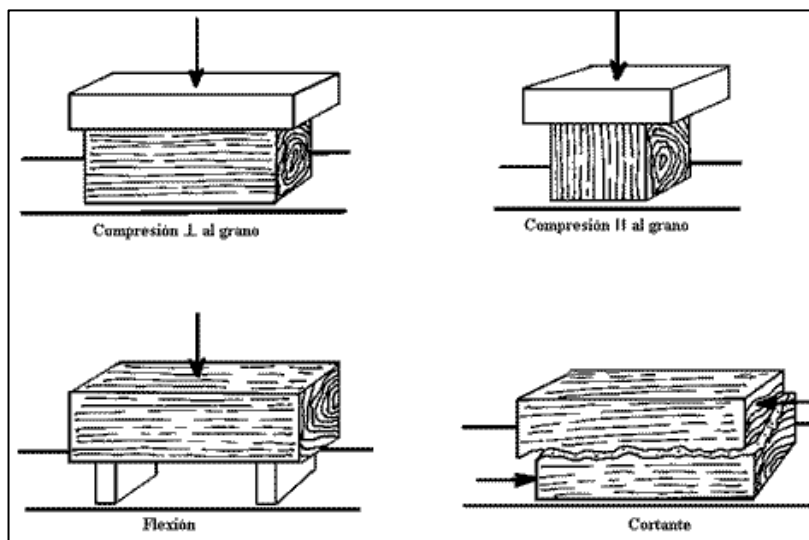
2.1.11.3. Mantenimiento y durabilidad de la madera en exteriores. En exteriores, la madera enfrenta un desgaste constante provocado por la humedad, la radiación solar y las variaciones de temperatura. Las fibras se expanden y contraen, los tonos originales se atenúan, y, si no se actúa a tiempo, la superficie puede agrietarse o volverse áspera al tacto. No todas las especies responden igual: la teca y el ipe, por ejemplo, resisten mejor la intemperie gracias a sus aceites naturales, mientras que el pino requiere tratamientos protectores desde el inicio para mantener su integridad (Galván, 2017).

El mantenimiento comienza con una limpieza regular para retirar polvo, hojas y humedad retenida. A esto se suma la aplicación periódica de aceites, barnices marinos o lasares que permitan a la madera respirar mientras crean una barrera contra el agua y los rayos UV. No existe una frecuencia única: una tarima en una zona costera puede requerir atención cada seis meses, mientras que una fachada en clima seco puede mantenerse estable por más de un año antes de necesitar un nuevo recubrimiento. Incluso con todos los cuidados, factores como la orientación de la pieza, la ventilación o el contacto con el suelo influyen en su vida útil (Galván, 2017).

2.1.11.4. Comportamiento estructural de la madera bajo cargas vivas. La madera, al tratarse de un material anisotrópico, se comporta de forma específica cuando las cargas vivas la afectan. En una viga de pino que soporta el tránsito continuo de personas, las fibras longitudinales asimilan la mayor parte del esfuerzo y las transversales ayudan a repartir tensiones al interior. Este comportamiento se ve influido por factores como el contenido de humedad, la dirección de las fibras y la presencia de nudos, que pueden actuar como puntos débiles ante esfuerzos repetitivos (Ordoñez & Lugo, 2016).

En pruebas de laboratorio, se ha notado que la deformación bajo cargas vivas no es instantánea ni constante: puede surgir primero una flexión seguida de un asentamiento paulatino, lo cual se conoce como fluencia. Un entablado de eucalipto tiene la capacidad de soportar una carga puntual alta, pero si esta persiste por semanas, la flecha se incrementa y la recuperación es parcial. Las condiciones del entorno también tienen un rol importante; en climas húmedos, la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra suele bajar, lo que aumenta las posibilidades de deformaciones permanentes (Ordoñez & Lugo, 2016).

Figura 1. Comportamiento de la madera.



Fuente: Galván (2017)

2.1.12 Plásticos reciclados como materiales de construcción

2.1.12.1. Tipos de plásticos reciclados aplicables a elementos estructurales. En los últimos años, varios tipos de plásticos reciclados han comenzado a emplearse en elementos estructurales, especialmente en proyectos donde la resistencia mecánica y la durabilidad deben equilibrarse con criterios de sostenibilidad. El polietileno de alta densidad (HDPE), por ejemplo, se obtiene con frecuencia de envases de detergentes y bidones industriales. Cuando es procesado mediante extrusión o moldeo por compresión, puede transformarse en perfiles estructurales para pasarelas peatonales, muelles flotantes o bancas, ofreciendo resistencia a la humedad y a la degradación por rayos UV (Aguirre, 2013).

Otro caso es el polipropileno reciclado (PP), presente en envases de alimentos, tapones y componentes automotrices. Su baja densidad y buena resistencia a la fatiga lo hacen viable en paneles estructurales ligeros o en refuerzos para encofrados reutilizables. No obstante, su comportamiento frente a cargas puntuales intensas todavía genera debate, especialmente cuando proviene de corrientes de reciclaje con mezclas de polímeros (Aguirre, 2013).

Figura 2. Polietileno de alta densidad (HDPE).



Fuente: Limpieza de Málaga (2021)

El tereftalato de polietileno (PET) reciclado, ampliamente conocido por su origen en botellas, ha encontrado aplicaciones como materia prima para fabricar barras de refuerzo plásticas, en ocasiones combinadas con fibras de vidrio para incrementar su rigidez (Aguirre, 2013).

Figura 3. Polietileno reciclado.



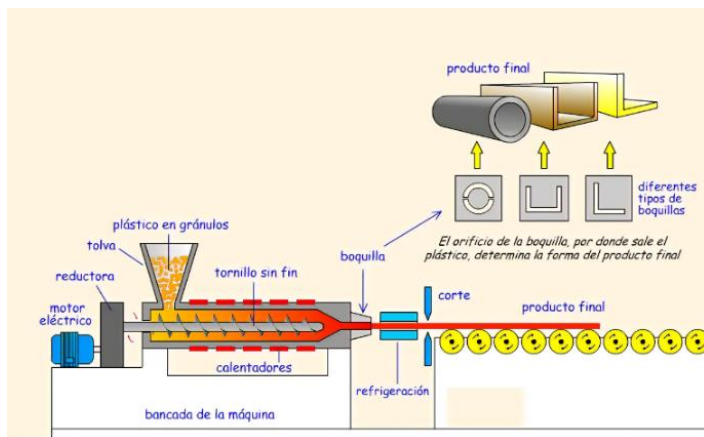
Fuente: IberoPlast (2023)

2.1.12.2. Proceso de fabricación de elementos plásticos tipo duela. La producción de componentes plásticos tipo duela combina la precisión técnica con un control estricto de los materiales. El proceso comienza con la elección de polímeros termoplásticos (PVC o polietileno de alta densidad), donde se les incorporan pigmentos, estabilizadores UV y, en ciertas ocasiones, fibras vegetales o minerales para aumentar su rigidez; convirtiendo el material en una masa homogénea y flexible (Buitrago, 2023).

El proceso de dar forma a la duela se produce cuando esta masa se hace pasar por un dado con el tamaño deseado. La pieza, tras ser conformada, pasa por un sistema de enfriamiento con aire o agua que estabiliza su geometría y previene deformaciones futuras. Después de enfriarse, las duelas se cortan a la longitud necesaria y, si es necesario según el diseño, se les da un mecanizado para agregar texturas antideslizantes o encajes macho-hembra (Buitrago, 2023).

Aunque el proceso está estandarizado en muchas fábricas, variables como la humedad ambiental, el tipo de pigmento o el desgaste de los dados pueden afectar el acabado final. No se busca únicamente un componente duradero y con bajo mantenimiento; también se requiere que sea regular en color y forma, y que pueda integrarse sin dificultades en su aplicación final, ya sea en recubrimientos decorativos, fachadas o pisos (Buitrago, 2023).

Figura 4. Conformación del plástico



Fuente: Buitrago (2023)

2.1.12.3. Propiedades físico-mecánicas de los plásticos reciclados. Estas propiedades dependen en gran medida del origen del material y de los procesos a los que ha sido sometido. Un polietileno recuperado de envases de consumo, por ejemplo, suele mostrar una densidad cercana a $0,94 \text{ g/cm}^3$, pero su resistencia a la tracción puede disminuir respecto a un material virgen debido a la degradación térmica sufrida en usos previos. El color y la homogeneidad visual también se ven condicionados por la mezcla de diferentes lotes, lo que en ocasiones produce vetas

o variaciones cromáticas que no afectan la función estructural, aunque sí la estética (Lisperguer, Bustos, Saravia, Escobar, & Venegas, 2013).

En cuanto a la mecánica, los plásticos reciclados mantienen gran parte de su capacidad de absorber impactos y su flexibilidad, pero el alargamiento hasta la rotura y el límite elástico pueden disminuir. Esto es particularmente evidente en polímeros como el PET, donde la cadena molecular suele debilitarse tras varios ciclos de procesamiento ante la presencia de impurezas que puede cambiar su comportamiento, aumentando la rigidez (Lisperguer, Bustos, Saravia, Escobar, & Venegas, 2013).

No existe un único patrón de desempeño: dos piezas fabricadas con material reciclado de la misma familia polimérica pueden comportarse de forma distinta si la temperatura de extrusión, el tiempo de enfriamiento o la proporción de aditivos varían (Lisperguer, Bustos, Saravia, Escobar, & Venegas, 2013).

Este carácter impredecible obliga a realizar ensayos específicos para cada lote, evaluando propiedades como dureza, módulo de elasticidad o resistencia a la abrasión (Lisperguer, Bustos, Saravia, Escobar, & Venegas, 2013).

2.1.12.4. Durabilidad, resistencia a la intemperie y comportamiento al desgaste. La durabilidad de un material no se mide solo en años, sino en la capacidad de conservar sus propiedades frente a un entorno cambiante. Un compuesto polimérico empleado en mobiliario urbano, por ejemplo, puede mantener su integridad estructural durante más de una década, pero perder parte de su color original tras varios veranos de exposición solar intensa. La radiación UV, las lluvias ácidas y las variaciones bruscas de temperatura son fuerzas constantes que, con el tiempo, modifican la superficie y, en algunos casos, el núcleo del material (Ojados, 2013).

La resistencia a la intemperie implica un balance entre composición y protección. Aditivos estabilizantes, recubrimientos hidrorrepelentes o pigmentos resistentes a los rayos ultravioleta contribuyen a retrasar el deterioro, aunque no lo detienen por completo. El desgaste, por su parte, depende tanto de la abrasión

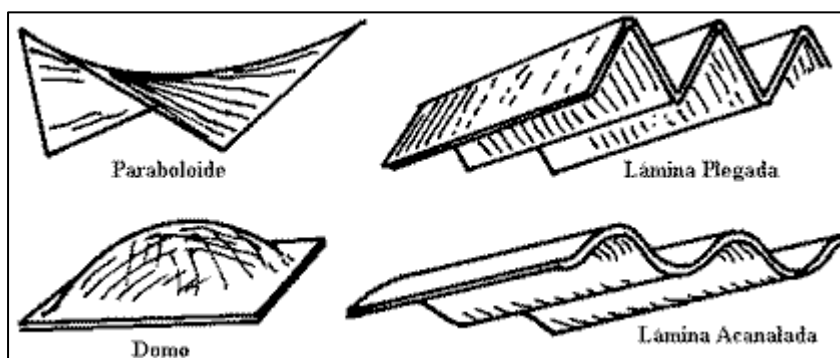
mecánica como del tipo de uso: un pavimento de polímero reciclado en una zona peatonal de alto tránsito sufrirá micro erosiones visibles antes que la misma superficie instalada en un balcón privado. En algunos casos, el material puede conservar su resistencia interna mientras su capa exterior se degrada (Ojados, 2013).

2.1.12.5. Aplicaciones similares en obras civiles. Contreras (2023) amplió la discusión al analizar la fabricación y las propiedades físico-mecánicas de componentes estructurales elaborados a partir de plásticos reciclados, evidenciando que, mediante técnicas de procesamiento adecuadas, es posible obtener materiales con alto desempeño estructural. Esta etapa consolidó el concepto de que el reciclaje no solo es una estrategia de gestión de residuos, sino también una oportunidad para innovar en la construcción.

Conforme se fueron perfeccionando las técnicas de procesamiento, los plásticos reciclados pudieron combinarse con aditivos y reforzamientos, lo que resultó en una mejora notable de sus propiedades mecánicas. Estos progresos posibilitaron la elaboración de compuestos que, aparte de mostrar una gran resistencia estructural, brindan un tiempo de vida más prolongado en condiciones ambientales desfavorables (Cedillo, 2021).

Estudios posteriores han evidenciado que, mediante ajustes precisos en la formulación y el procesamiento, es posible obtener materiales que compiten favorablemente con los tradicionales en términos de rigidez, resistencia a la fatiga y estabilidad dimensional (Cedillo, 2021).

Figura 5. Aplicaciones del plástico en obras civiles.



Fuente: Contreras (2023)

2.1.13 Comparación técnica entre madera y plástico reciclado

2.1.13.1. Compatibilidad dimensional y peso estructural. Es posible fabricar o cortar tanto plástico reciclado como madera para que se ajusten a las medidas estándar de construcción, aunque su reacción ante las variaciones del entorno es diferente. La madera, aun tratada, suele dilatarse o contraerse debido a las fluctuaciones de humedad, lo que requiere tolerancias de montaje más amplias o juntas de dilatación (Ordoñez & Lugo, 2016). El plástico reciclado, por otro lado, tiene una estabilidad dimensional más alta en comparación a la humedad; sin embargo, puede expandirse más que la madera si se lo somete a temperaturas altas. Esto es algo que debe tenerse en cuenta en superficies oscuras o climas cálidos que están expuestos al sol (Aguirre, 2013).

Un componente de plástico reciclado para el mismo uso normalmente tiene una densidad que varía entre 750 y 950 kg/m³, según su formulación y la cantidad de minerales que contenga; y una duela hecha de madera dura puede tener más de 1.000 kg/m³ (Ordoñez & Lugo, 2016). Aunque una disminución de peso puede simplificar el transporte y la instalación, no necesariamente implica menor resistencia, dado que la capacidad de carga depende de elementos como el módulo de elasticidad, la sección transversal y el tipo de fijación (Aguirre, 2013).

2.1.13.2. Ensayos de flexión y análisis de resistencia. Para establecer la conveniencia de los materiales reciclados en aplicaciones estructurales, es fundamental evaluar sus propiedades físico-mecánicas. Se han creado métodos experimentales que abarcan ensayos de compresión, flexión y tracción, lo que facilita la comparación sistemática entre la resistencia de materiales convencionales y la de compuestos obtenidos a partir del reciclaje del plástico. Los ensayos mencionados muestran que, a través de un estricto control del proceso de fabricación y la dosificación, los materiales reciclados pueden llegar a tener grados apropiados de resistencia para su uso en infraestructura (García & López, 2024).

Figura 6. Ensayo de Flexión.



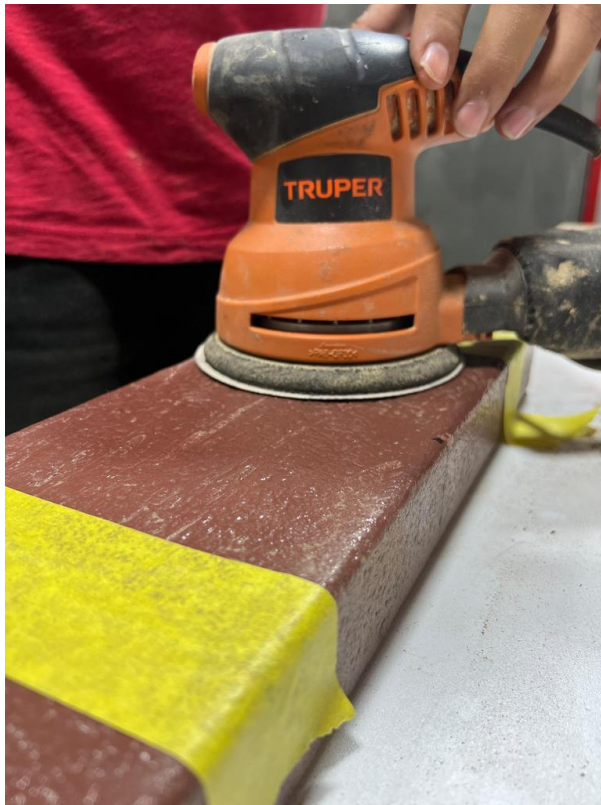
Elaborado por: Ledesma (2025)

La evaluación exhaustiva de las propiedades físico-mecánicas no solo posibilita la comparación entre la resistencia de los materiales reciclados y la de los materiales convencionales, sino que además ayuda a mejorar el proceso de fabricación y la formulación (Lisperguer, Bustos, Saravia, Escobar, & Venegas, 2013). Se pueden establecer parámetros importantes, tales como el módulo de elasticidad, la densidad y la resistencia a la fatiga, a través de ensayos específicos. Esto es fundamental para anticipar cómo se comportarán los compuestos en condiciones reales de servicio a largo plazo (Leyton & Cabrera, 2012).

2.1.13.3. Ensayos de abrasión y durabilidad en zonas de tránsito. En proyectos de construcción y mantenimiento de superficies sometidas a tránsito continuo, los ensayos de abrasión y durabilidad son una herramienta esencial para prever cómo se comportará el material frente al desgaste. (Mechura, Colonna, Ibañez, & Delbono, 2024). Estos ensayos, que incluyen la prueba Bohme y el método Los Ángeles, evalúan la resistencia de un elemento al roce cíclico, a la fricción y a las

acciones de partículas abrasivas. No solo es importante verificar si el material aguanta, sino también comprender cómo se degrada, en qué circunstancias pierde su integridad y cuál es su vida útil prevista según la intensidad y el tipo de tránsito (Galván, 2017).

Figura 7. Prueba de Abrasión.

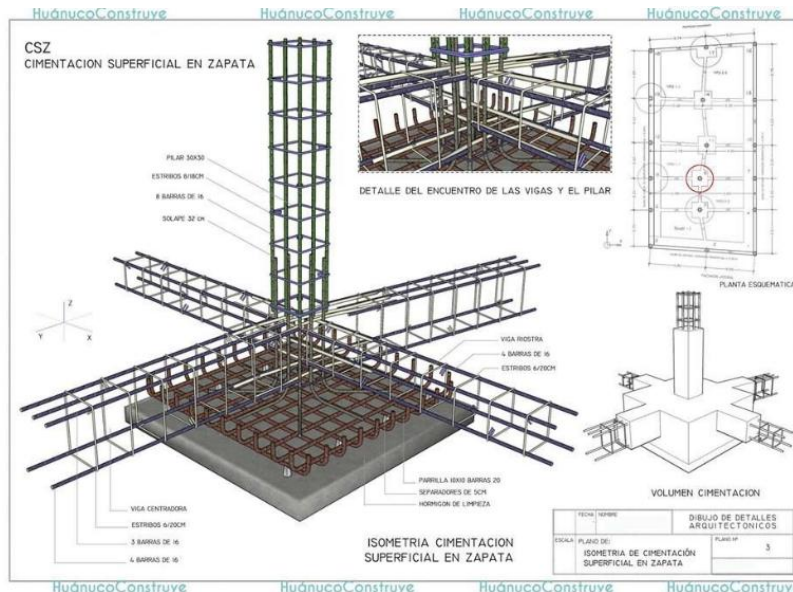


Elaborado por: Ledesma (2025)

2.1.13.4. Impacto de los materiales en el diseño estructural y cimentación existente. En gran medida, la estabilidad de los cimientos y el comportamiento de una estructura dependen de las características de los materiales utilizados. El peso del hormigón armado puede requerir que se vuelva a calcular la capacidad de carga del suelo, especialmente cuando se actúa sobre construcciones ya existentes. Un cambio de material no solamente transforma las cargas verticales, sino que también cambia la reacción frente a vibraciones o terremotos. En terrenos con capas de arcilla, el empleo de materiales más ligeros puede reducir la posibilidad de asentamientos desiguales; en cambio, puede ser menos relevante en suelos granulares (López, Pino, Domínguez, & Orejuela, 2025).

En la práctica, los ingenieros encaran el reto de equilibrar las propiedades mecánicas de cada material con el estado real de la cimentación existente. La falta de información completa acerca de la composición del terreno o la resistencia original de la estructura genera un margen de incertidumbre en las decisiones. Sin embargo, si no se tienen en cuenta las disparidades en los coeficientes de dilatación o en los módulos de elasticidad, su conexión con componentes viejos de concreto podría producir zonas débiles (López, Pino, Domínguez, & Orejuela, 2025).

Figura 8. Cimentación superficial.



Fuente: Cedillo (2021)

2.1.14 Criterios de accesibilidad y seguridad en espacios públicos

Garantizar que un espacio público sea accesible y seguro implica atender a múltiples factores, desde la disposición física hasta la señalización. Las rampas con pendiente adecuada, los pasamanos a doble altura y las superficies antideslizantes no son simples elementos técnicos; representan la posibilidad de que personas con movilidad reducida se desplacen sin obstáculos. En algunas plazas urbanas, por ejemplo, se ha optado por pavimentos podotáctiles que orientan a personas con discapacidad visual, integrándolos de manera estética con el entorno (Bañuelos-Hernández, Correa-Fuentes, Covarrubias-Ruesga, & Cabrera-Andrade, 2022).

Por otro lado, la seguridad comprende elementos que son menos evidentes y otros que sí lo son. No solo evita accidentes, sino que también afecta la sensación de tranquilidad de las personas que pasan por el lugar una iluminación uniforme que elimine áreas de penumbra. La presencia de personal calificado, junto con la disposición estratégica de cámaras de vigilancia, puede disminuir los incidentes, aunque no hay un solo modelo que sirva para todas las ciudades. El clima, la costumbre local o el número de visitantes son elementos que pueden cambiar cómo se aplican las medidas (Bañuelos-Hernández, Correa-Fuentes, Covarrubias-Ruesga, & Cabrera-Andrade, 2022).

Figura 9. Problema de Accesibilidad Inclusiva.



Fuente: Torres (2022)

Cuando la accesibilidad y la seguridad se articulan en un mismo enfoque, el resultado es un espacio público verdaderamente inclusivo y sostenible. Un entorno que ofrece recorridos libres de obstáculos y, al mismo tiempo, transmite confianza y protección, fomenta la permanencia de los usuarios y fortalece el sentido de pertenencia comunitaria. Esto no solo beneficia a personas con discapacidad o movilidad reducida, sino también a niños, adultos mayores y visitantes en general, quienes encuentran un lugar pensado para su bienestar integral. De esta manera, la planificación urbana deja de concebir estas dimensiones como aspectos aislados y las integra en un modelo de ciudad más humano, donde la infraestructura, la seguridad y la interacción social se convierten en pilares de la convivencia armónica.

2.2 Marco Legal

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

2.2.1.1. Derecho a un ambiente sano. En la Constitución de la República del Ecuador, el artículo 14 establece que todas las personas tienen derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Este derecho se extiende más allá del interés humano inmediato: el mismo artículo declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas y la prevención del daño ambiental (Morales, 2021).

Su alcance es lo que hace que esta norma sea única, ya que no se restringe a expresar una ambición general, sino que incluye un deber para la sociedad y el Estado, responsabilizando a los dos en acciones específicas, tales como la restauración de zonas deterioradas y la supervisión de actividades contaminantes (Morales, 2021).

2.2.1.2. Principio de Sostenibilidad. El artículo 395 de la Constitución del Ecuador recoge el principio de sostenibilidad, que indica que el Estado tiene el deber de asegurar un modelo de desarrollo que sea responsable con las generaciones actuales y venideras y que mantenga un equilibrio ambiental. Esta norma no se restringe a un ámbito meramente declarativo; establece una dirección política y jurídica que recorre la administración de los recursos naturales, el planeamiento del territorio y las decisiones productivas (Sánchez-Gómez & Cedeño-Macías, 2021). La sostenibilidad requiere que se reconozcan las limitaciones ecológicas y que las acciones humanas se ajusten a la capacidad de los ecosistemas para regenerarse. Así, la explotación mineral, el cultivo intensivo y la urbanización deben ser analizados no solo en términos de sus ganancias económicas a corto plazo, sino también por su efecto acumulado sobre los ecosistemas, como la biodiversidad, las fuentes de agua y los suelos (Sánchez-Gómez & Cedeño-Macías, 2021).

2.2.2 Normas y Tratados Internacionales

2.2.2.1. Decisión 584. Define el Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, una normativa que tiene como objetivo armonizar parámetros y criterios entre las naciones miembros con el fin de salvaguardar la integridad física y mental de los trabajadores. Este documento, que fue ratificado en 2004, no se restringe a una declaración de principios; además, contiene determinaciones técnicas relacionadas con la vigilancia epidemiológica, la evaluación de riesgos, las medidas preventivas y la capacitación (IESS, 2018).

Esta decisión ha sido utilizada como guía para que compañías de diferentes áreas implementen protocolos que se ajusten a las exigencias comunitarias. En el sector minero, es necesario aplicar sistemas de ventilación, monitoreo de partículas en suspensión y planes de evacuación que se ajusten a las circunstancias geográficas particulares. El uso de la herramienta ha promovido en las industrias alimentarias controles más rigurosos sobre la ergonomía y la exposición a compuestos químicos en las líneas de producción (IESS, 2018).

Además de establecer lineamientos técnicos, la Decisión 584 fomenta la integración de la gestión de la seguridad y salud laboral en la planificación estratégica de las empresas. Esto implica que la prevención de riesgos no se considere un gasto adicional, sino una inversión en productividad y bienestar laboral. Por ejemplo, la implementación de programas de capacitación periódica permite que los trabajadores reconozcan señales de alerta ante posibles accidentes o enfermedades, promoviendo una cultura organizacional proactiva. Asimismo, la normativa impulsa la creación de comités de seguridad en los centros de trabajo, donde empleadores y empleados colaboran en la identificación de riesgos y en la elaboración de soluciones adaptadas a las necesidades específicas de cada entorno laboral.

2.2.2.2. Acuerdos internacionales sobre economía circular y reutilización de materiales. Como reacción a la presión que el modelo de producción lineal ejerce sobre los ecosistemas y las cadenas de suministro, se han establecido convenios internacionales relacionados con la economía circular y la reutilización de materiales.

El Pacto Verde Europeo es uno de los más influyentes, y tiene como objetivo la disminución de residuos, la promoción del ecodiseño y el fomento de la reutilización de componentes en industrias como la moda, la construcción y la electrónica. A nivel mundial, proyectos como la Alianza Global para la Economía Circular y la Eficiencia de los Recursos (desarrollado bajo el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) tienen como objetivo armonizar estrategias nacionales y crear indicadores de seguimiento que sean comparables (Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, 2020).

En muchos casos, estos acuerdos van acompañados de objetivos medibles: porcentajes mínimos de contenido reciclado, plazos para la eliminación de plásticos de un solo uso o metas de recuperación de materiales críticos como el litio o las tierras raras. La Unión Europea, por ejemplo, ha propuesto que, para 2030, todos los envases comercializados sean reciclables o reutilizables, lo que obliga a fabricantes y distribuidores a replantear sus procesos y cadenas logísticas (Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, 2020).

2.2.3 Legislación Nacional Relevante

2.2.3.1. Código Orgánico del Ambiente (COA). En el seno del Código Orgánico del Ambiente (COA), el artículo 231 encomienda a la Autoridad Ambiental Nacional el diseño de políticas y lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos, tarea que, de manera indirecta, abre la puerta al uso consciente de materiales reciclados en proyectos constructivos. Esta disposición no indica explícitamente “usar materiales reciclados”, pero establece un mandato claro: fomentar patrones de producción y consumo responsables, lo que incluye la incorporación de insumos recuperados bajo criterios ambientales (Dávalos, 2023).

A su vez, el artículo 243 plantea que quienes elaboran o ejecutan obras deben integrarse en un modelo industrial que apueste por bienes y servicios con responsabilidad ambiental y social. Este principio invita a considerar materiales reciclados en cimentaciones, rellenos o acabados, siempre que haya respaldo técnico y se asegure la calidad estructural (Dávalos, 2023)

2.2.3.2. Ley Orgánica del Servicio Público (LOSEP). En el marco de la LOSEP, el artículo 58 regula la contratación mediante servicios ocasionales para atender requerimientos institucionales urgentes o específicos. Estos contratos deben contar con presupuesto asignado y no superar el 20 % del total del personal de la entidad, salvo excepciones como personas con discapacidad certificada o proyectos de inversión. Además, su duración no puede superar doce meses o el resto del ejercicio fiscal (Asamblea Nacional, 2010).

Es este contexto legal el que fundamenta acciones como la planificación estratégica del mantenimiento de bienes institucionales. Equipos e instalaciones públicas requieren seguimiento constante; su renovación, reparación o sustitución no siempre encajan en el esquema laboral formal, y la LOSEP ofrece una vía clara para responder con flexibilidad sin sacrificar transparencia ni control (Asamblea Nacional, 2010).

2.2.3.3. Código de Trabajo. Este código define fundamentos precisos para resguardar a aquellos que trabajan en infraestructuras públicas y a los que tienen interacción con ellas. El artículo 410 establece que es responsabilidad de los empleadores asegurar condiciones de trabajo que no pongan en peligro la vida o la salud de los trabajadores. Esto excede lo básico, ya que construir sin tener en cuenta estos principios podría resultar en riesgos duraderos, tanto para los trabajadores como para los usuarios que se desplazan por esos lugares (MTOP, 2023).

Además, el artículo 434 dispone que en lugares de trabajo con más de diez empleados se debe presentar un Reglamento de Higiene y Seguridad aprobado por el Ministerio de Trabajo, con revisión cada dos años. Cuando un centro público carece de ese documento o presenta deficiencias en su aplicación, la infraestructura pierde respaldo técnico para mantener condiciones seguras (MTOP, 2023)

Quienes desempeñan funciones de inspección tienen facultades importantes: el artículo 412 ordena que los Fiscalizadores y el Departamento de Seguridad e Higiene laboral exijan el cumplimiento de las normas en materia de prevención de riesgos. Si esas exigencias no se respetan, el artículo 436 faculta al Ministerio para

suspender actividades o cerrar espacios de trabajo que no salvaguarden la seguridad de sus ocupantes (MTOP, 2023).

2.2.4 Decretos Ejecutivos y Acuerdos Ministeriales

2.2.4.1. Decreto Ejecutivo 2293. Busca establecer un marco regulador esencial para la seguridad laboral en Ecuador, con el objetivo de crear entornos de trabajo que salvaguarden la integridad física y mental de los trabajadores. Su alcance trasciende las obligaciones básicas, ya que establece protocolos precisos para prevenir enfermedades profesionales y accidentes en distintos sectores productivos. (Barrezueta, 2025). Este conjunto de normas especifica responsabilidades para los empleadores, como poner en práctica planes de seguridad, dar capacitación constante y proporcionar el equipo adecuado para la protección. Para reducir la ocurrencia de incidentes laborales, la norma establece procedimientos para evaluar riesgos, diseñar medidas preventivas y responder a situaciones de emergencia. (Barrezueta, 2025).

2.2.4.2. Resolución 513. Establece criterios técnicos precisos para los elementos de obra que están expuestos al público, buscando garantizar seguridad, funcionalidad y durabilidad en espacios de uso común. Su alcance abarca desde mobiliario urbano hasta estructuras visibles en áreas públicas, como barandas, rampas o pisos, donde la interacción directa con personas es constante y resulta ineludible (IESS, 2017).

Entre los pormenores que regula, están el rendimiento mecánico ante el desgaste y la capacidad para resistir cargas cambiantes sin poner en riesgo su integridad. Por ejemplo, los acabados deben tener resistencia al uso repetido y a las inclemencias del tiempo, mientras que las superficies tienen que ser antideslizantes para evitar accidentes (IESS, 2017).

Aunque estas directrices son claras, no todos los proyectos de obras públicas tienen un seguimiento minucioso o recursos adecuados para satisfacer al detalle todos los requerimientos. Asimismo, las condiciones de uso pueden cambiar

significativamente, lo que crea incertidumbre en cuanto al rendimiento verdadero de los materiales y estructuras a largo plazo. (IESS, 2017).

2.2.5 Normativas Locales y Ordenanzas Municipales

2.2.5.1. Ordenanzas de construcción y mantenimiento del cantón Samborondón. Las ordenanzas que regulan la construcción y el mantenimiento en el cantón Samborondón están contenidas principalmente en la Ordenanza Municipal No. 005-2018, que establece los lineamientos para el desarrollo urbano seguro y ordenado. Esta normativa detalla procedimientos para la obtención de permisos, especificaciones técnicas para las edificaciones y directrices sobre el mantenimiento de infraestructuras públicas y privadas (GAD Samborondón, 2025).

Un aspecto importante de esta ordenanza es la exigencia de adherirse a las normas de calidad en lo que respecta a la construcción y los materiales, con el objetivo de extender la vida útil de las obras y evitar deterioros ocasionados por el clima o el desgaste natural. Se establece la obligación de llevar a cabo inspecciones periódicas en edificaciones con fines comerciales y residenciales, enfocándose particularmente en los sistemas eléctricos y en los elementos estructurales (GAD Samborondón, 2025).

El artículo 20 incluye los procedimientos y sanciones para situaciones de incumplimiento, que pueden incluir desde multas hasta la interrupción temporal de las obras. Esta regulación muestra la intención de regular las actividades de construcción, aunque su implementación práctica presenta dificultades relacionadas con la disponibilidad y las capacidades técnicas (GAD Samborondón, 2025).

2.2.5.2. Regulaciones de uso de espacios públicos y turísticos en el Parque Histórico. El Parque Histórico de Guayaquil cuenta con un conjunto de regulaciones que delimitan las actividades permitidas en sus espacios públicos y áreas turísticas. Estas medidas tienen como objetivo mantener la seguridad de los trabajadores y visitantes, el valor patrimonial y la biodiversidad, mientras se posibilita un uso responsable de las instalaciones (Parque Histórico Guayaquil, 2021).

Una de las reglas más importantes es la que prohíbe alimentar a los animales silvestres, porque ese tipo de interacciones pueden cambiar su alimentación y su comportamiento natural. En las áreas históricas, se requiere que cualquier actividad de carácter recreativo o cultural cuente con una autorización previa. Este requerimiento busca asegurar que el acontecimiento no obstaculice ni la conservación de las estructuras patrimoniales ni el flujo de visitantes. (Parque Histórico Guayaquil, 2021).

El reglamento también contempla lineamientos sobre el tránsito interno. Está permitido el ingreso de bicicletas solo en áreas designadas, mientras que los vehículos motorizados se restringen al personal autorizado. Asimismo, se establece un control del aforo en fechas de alta concurrencia, medida que, aunque efectiva, implica un reto logístico cuando coinciden festividades locales con temporadas de turismo extranjero (Parque Histórico Guayaquil, 2021).

Las normas establecen que, en las áreas verdes, los espacios de césped y jardinería no se deben pisar fuera de los caminos habilitados. Esto no solo mantiene la estética del parque, sino que también previene el deterioro de las especies vegetales que constituyen su identidad paisajística. Sin embargo, para que estas restricciones se cumplan de manera constante, es necesario un esfuerzo conjunto entre los guardaparques, el personal de seguridad y los usuarios (Parque Histórico Guayaquil, 2021).

2.2.6 Marcos Reguladores Internacionales

El uso de materiales reciclados en la construcción ha sido objeto de regulación a nivel internacional para garantizar la seguridad y la calidad de las infraestructuras. Normativas como el Real Decreto 293/2018, el Reglamento Europeo 305/2011 y la Norma UNE 53930-1:2024 han establecido directrices técnicas que permiten la homologación de nuevos materiales y procesos (Flores & Tenesaca, 2023). Estas regulaciones proporcionan un marco teórico que orienta la aplicación de plásticos reciclados en entornos críticos, asegurando que las propiedades físico-mecánicas y de seguridad sean equivalentes o superiores a las de los materiales tradicionales.

2.2.7 Interacción entre Tecnología y Normativa

La evolución de las tecnologías de procesamiento de materiales reciclados requiere una actualización constante de los marcos regulatorios para incorporar nuevas metodologías y asegurar la calidad de los productos finales. La interacción dinámica entre el desarrollo tecnológico y la normativa vigente es fundamental para la validación de nuevos materiales y para fomentar su adopción en el mercado de la construcción (Solís Rodríguez, 2024).

En este sentido, la normativa no solo cumple la función de establecer requisitos mínimos para validar el desempeño de los productos, sino también de servir como un mecanismo que fomente la confianza del sector constructor y de los usuarios finales. Una regulación adaptada a los avances tecnológicos permite que materiales como la madera plástica reciclada sean certificados, homologados y aceptados en proyectos de infraestructura pública o privada (Solís Rodríguez, 2024).

2.2.8 Enfoque Interdisciplinario

La integración de conocimientos provenientes de diversas disciplinas—como la ingeniería de materiales, la gestión ambiental y la innovación tecnológica—es esencial para el diseño de infraestructuras basadas en materiales reciclados. Permite desarrollar soluciones que no solo optimizan el rendimiento estructural, sino que también minimizan el impacto ambiental y se adaptan a las necesidades específicas del entorno patrimonial. (Castillo Rugel, 2024).

Paralelamente, la incorporación de principios de gestión ambiental garantiza que el desarrollo de nuevos materiales no solo cumpla con altos estándares de desempeño estructural, sino que también contribuye a la preservación de los ecosistemas y al aprovechamiento responsable de los recursos. Esta sinergia interdisciplinaria, impulsada por la innovación tecnológica, resulta en sistemas constructivos que se adaptan de manera óptima a contextos patrimoniales, asegurando que las intervenciones no comprometan el valor histórico y cultural de los entornos en los que se aplican. (Roldán Panta, 2024).

2.2.9 Modelos de Simulación y Análisis Predictivo

El uso de modelos de simulación, apoyados en teorías matemáticas y en datos empíricos, se ha convertido en una herramienta fundamental para predecir el comportamiento de infraestructuras construidas con materiales reciclados. Permiten evaluar escenarios de carga, fatiga y desgaste, proporcionando información valiosa para la optimización del diseño. Estos modelos teóricos, que integran variables de comportamiento material y condiciones ambientales, ofrecen una base sólida para la validación de propuestas innovadoras en el diseño de infraestructuras (Cedillo, 2021).

Este enfoque, combinado con datos empíricos obtenidos de ensayos experimentales, posibilita la calibración y validación de los modelos teóricos, lo que resulta esencial para ajustar parámetros críticos y optimizar el diseño de los componentes.

Así, los ingenieros pueden simular diferentes escenarios de uso y condiciones ambientales, permitiendo anticipar el comportamiento a largo plazo de los materiales reciclados. Esta capacidad predictiva no solo contribuye a mejorar la seguridad y eficiencia de las infraestructuras, sino que también respalda la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo, minimizando los riesgos y prolongando la vida útil de las construcciones.

2.2.10 Aplicaciones en Entornos Patrimoniales

La integración de nuevas tecnologías en infraestructuras históricas implica desafíos particulares relacionados con la preservación del patrimonio y la compatibilidad estética. La incorporación de materiales reciclados debe considerar tanto las exigencias técnicas como las sensibilidades culturales y estéticas del entorno. La teoría aplicada al diseño de infraestructuras patrimoniales destaca la necesidad de armonizar la innovación tecnológica con la conservación de la identidad histórica del sitio, garantizando que las soluciones constructivas sean tanto funcionales como respetuosas del contexto (Flores & Tenesaca, 2023)

Es fundamental que la implementación de estas nuevas tecnologías se realice en un marco de diálogo interdisciplinario, involucrando a expertos en ingeniería, conservación del patrimonio y diseño estético, así como a representantes de la

comunidad local. Este enfoque colaborativo permite que cada solución constructiva sea evaluada no solo por sus méritos técnicos, sino también por su impacto en la identidad y el valor cultural del sitio (Pico Torres, 2024).

Por ejemplo, la realización de estudios de impacto visual y cultural, junto con simulaciones integradas, facilita la predicción de cómo se integrarán los materiales reciclados en la estructura histórica, asegurando que su incorporación aporte mejoras funcionales sin desvirtuar el legado arquitectónico. De esta manera, se promueve la creación de infraestructuras que sean robustas, sostenibles y a la vez respetuosas del contexto patrimonial, garantizando un equilibrio armónico entre la innovación tecnológica y la preservación de la herencia cultural.

2.2.11 Discusión y Síntesis de Corrientes Teóricas Relevantes. La revisión de la literatura permite identificar diversas corrientes teóricas que, de manera conjunta, sustentan la viabilidad y la conveniencia del uso de materiales reciclados en la construcción. Entre las corrientes más relevantes se destacan:

La Teoría de la Innovación Tecnológica: Esta corriente enfatiza la importancia de incorporar avances tecnológicos para transformar los procesos constructivos tradicionales. La innovación en el procesamiento de materiales y en el diseño estructural es esencial para lograr infraestructuras más eficientes y sostenibles (Mora Quimí, 2022). Además, la innovación tecnológica fomenta la adaptabilidad de la industria frente a nuevas demandas ambientales y normativas, posicionando a los proyectos constructivos dentro de tendencias globales de sostenibilidad.

La Teoría de la Sostenibilidad y del Desarrollo Ambiental: El desarrollo de infraestructuras debe equilibrar el crecimiento económico con la conservación del medio ambiente, adoptando prácticas que reduzcan la huella ecológica y promuevan el uso responsable de los recursos (Plaza Álvarez, 2022). También, la sostenibilidad promueve la consideración de factores sociales y económicos, garantizando que los beneficios del reciclaje y la reutilización se distribuyan de manera equitativa en la comunidad y el sector productivo.

La Teoría de la Economía Circular: Ortiz (2021); Pérez (2022) fundamentan que la transformación de residuos en nuevos productos, mediante procesos de reciclaje y reutilización, es una estrategia clave para optimizar el uso de recursos y reducir el impacto ambiental de la industria constructiva. Esto se traduce en prácticas concretas, como la recuperación de metales, plásticos y agregados de demolición, que luego pueden incorporarse en nuevas construcciones, cerrando el ciclo productivo y promoviendo la eficiencia de los recursos a nivel macroeconómico.

La Teoría Normativa y Regulatoria: La actualización y la integración de normativas internacionales y locales, es fundamental para garantizar que la incorporación de materiales reciclados cumpla con los estándares de seguridad, calidad y sostenibilidad exigidos en proyectos de infraestructura (Samaniego Mendoza, 2022). Las regulaciones establecen parámetros sobre resistencia, toxicidad, durabilidad y desempeño de los materiales, asegurando que los beneficios ambientales no comprometan la integridad estructural ni la seguridad de los usuarios.

Esta combinación de enfoques proporciona un fundamento integral para la adopción de materiales reciclados en la construcción, demostrando que su uso no solo es viable, sino también estratégico y necesario para avanzar hacia un sector más responsable y resiliente.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación utilizara un enfoque mixto, permitiendo combinar datos cuantitativos (mediciones de costos y tiempos) con observaciones cualitativas sobre la implementación del prototipo de maderas plásticas recicladas. Al utilizar este enfoque, la triangulación de datos aparece como alternativa a fin de tener la posibilidad de encontrar diferentes caminos para conducir a una comprensión e interpretación lo más amplia del fenómeno en estudio (Ruiz Medina et al., 2013). De esta manera, se logrará una comprensión integral de las ventajas y limitaciones de los métodos aplicados:

- **Enfoque Cuantitativo:** Involucra el cálculo de las cantidades de materiales necesarios, además de la proyección de los gastos relacionados con el desmontaje y montaje del prototipo fabricado con plásticos reciclados de madera. Además, toma en cuenta la valoración de los tiempos de implementación estimados para el progreso del proyecto.
- **Enfoque Cualitativo:** Examina las percepciones, vivencias y avances detectados tras la puesta en marcha del prototipo de plásticos reciclados de madera, con el objetivo de evaluar su influencia y aceptación.

3.2 Alcance de la investigación

La presente investigación utilizara un alcance correlacional. También conocido como nivel correlacional, tiene la finalidad de evaluar la relación que existe entre dos variables mediante la aplicación de técnicas estadísticas, así mismo, mediante la medición de una variable se va a conocer cómo se comporta la otra variable (Arias Gonzáles et al., 2020). En este caso, se busca determinar en qué medida la implementación del prototipo de plásticos de madera reciclada representa una alternativa superior frente a la estructura actual de piezas de madera utilizadas en la caminera del muelle.

Este enfoque permitirá analizar la relación entre variables clave como la planificación, la ejecución del proyecto y los resultados económicos obtenidos. No obstante, debemos tomar en cuenta que en los estudios correlacionales no es posible el control experimental, ya que no direcciona a establecer una causalidad entre variables, sin embargo, es un primer paso para empezar a identificar causa-efecto (Arias Gonzáles et al., 2020).

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

La técnica es un proceso habitual, comprobado por la práctica, que se enfoca generalmente (aunque no únicamente) en recolectar y modificar información valiosa para la resolución de problemas de conocimiento en las disciplinas científicas (Rojas Crotte, 2011)

Por otro lado, los instrumentos son herramientas empleadas para recolectar y examinar datos durante el proceso de investigación, que las convierte en un componente crucial del proceso de investigación y contribuyen a conseguir información objetiva y exacta (Álvarez et al., 2021).

Tabla 1: Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumentos
Análisis documental de reportes de mantenimiento ejecutados	Hojas de cálculo comparativas, reportes técnicos
Observación directa de procesos de mantenimiento	Registros fotográficos
Pruebas de flexión (prototipo de plásticos reciclados)	Máquina de ensayo universal
Pruebas de flexión (tablón de Chanul)	Máquina de ensayo universal
Pruebas de abrasión y desgaste para cada material	Equipos de laboratorio para pruebas de abrasión y desgaste

Elaborado por: Ledesma (2025)

La tabla presentada resume las técnicas e instrumentos utilizados para la evaluación y comparación de los materiales empleados en la caminera del Parque Histórico. Cada técnica corresponde a un procedimiento específico, mientras que los instrumentos detallan las herramientas y recursos necesarios para la recolección y análisis de datos.

En primer lugar, se empleará el análisis documental de reportes de mantenimiento ejecutados, utilizando como instrumentos hojas de cálculo comparativas y reportes técnicos. Esta técnica permitió organizar y examinar de manera sistemática la información histórica sobre las intervenciones realizadas en la caminera, incluyendo la sustitución de piezas, aplicación de barniz y otros trabajos de conservación.

Por otro lado, la observación directa de los procesos de mantenimiento se apoyó en registros fotográficos, los cuales documentaron las actividades realizadas sobre el sitio, incluyendo la instalación de piezas, tratamientos aplicados y condiciones de uso de la caminera.

En relación con la evaluación mecánica de los materiales, se llevaron a cabo pruebas de flexión tanto para los tablones de madera de Chanul como para el prototipo de madera plástica reciclada, utilizando una máquina de ensayo universal. Este instrumento permitió determinar parámetros como resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y capacidad de carga, elementos fundamentales para verificar que los materiales cumplan con los requisitos estructurales de la caminera.

Finalmente, para complementar la evaluación, se realizaron pruebas de abrasión y desgaste en ambos materiales, utilizando equipos de laboratorio especializados. Estas pruebas proporcionaron información sobre la resistencia superficial frente al tránsito peatonal y las condiciones ambientales, permitiendo proyectar la durabilidad y la necesidad de mantenimiento futuro.

3.4 Población y muestra

3.4.1. Población

La población hace referencia al número de individuos o grupo total de elementos que poseen las características relevantes para las investigaciones, también conocidos como universo o colectivo, que se ubican en un lugar y tiempo específicos (Álvarez et al., 2021).

Para la presente investigación, la población son los elementos estructurales de camineras de madera ubicadas en el muelle del Parque Histórico de Samborondón. Es decir, los materiales que se emplean en la construcción de las camineras, en particular la madera de Chanul, junto con los prototipos fabricados con plásticos reciclados sugeridos como alternativa.

3.4.2. Muestra

Para la presente investigación, se seleccionó una muestra representativa de duelas de madera natural existentes (ej. 10 piezas de Chanul en condiciones operativas actuales) y el mismo número de prototipos en plástico reciclado diseñados para replicar su forma y función, las cuales serán sometidas a pruebas de flexión, abrasión y desgaste a través de dispositivos de laboratorio, de acuerdo con las normas técnicas internacionales establecidas.

El muestreo por conveniencia facilita la elección de aquellos casos que sean accesibles para ser incluidos. Esto, basándose en el apropiado acceso y cercanía de los sujetos para el investigador. Al trabajar con una cantidad limitada de personas, el tiempo requerido para lograr resultados y conclusiones será considerablemente menor (Otzen & Manterola, 2017).

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Presentación y análisis de resultados

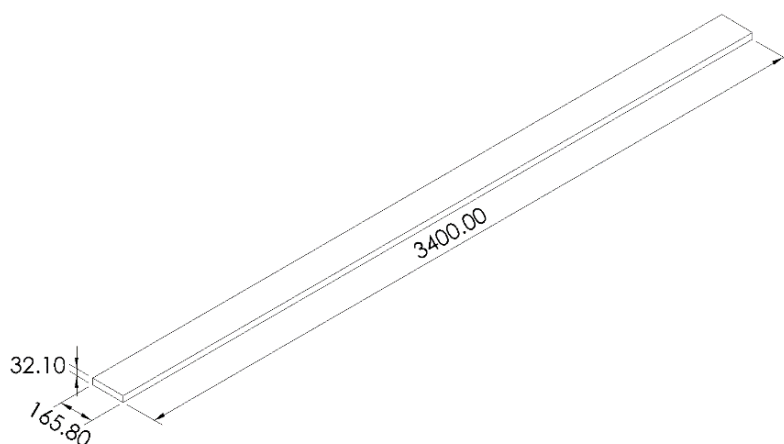
4.1.1 *Características de los materiales*

La caminera que conduce al muelle del Parque Histórico se encuentra conformada por una superficie de piezas de madera provenientes del árbol de Chanul. Este material, tradicionalmente apreciado por su dureza y resistencia natural, ha sido empleado para soportar el tránsito constante de visitantes y personal en una zona donde el flujo peatonal es continuo. La estructura se extiende a lo largo de 102,37 m, lo que le confiere una presencia considerable dentro del recorrido hacia el muelle, convirtiéndose no solo en un elemento funcional, sino también en parte de la experiencia arquitectónica y paisajística del sitio.

Cada una de las piezas que conforman esta caminera responde a dimensiones cuidadosamente seleccionadas para garantizar estabilidad y soporte. Estas piezas presentan una base de 165,80 mm, una altura de 32,10 mm y una longitud de 3.400 mm, configurando un tablero sólido y uniforme a lo largo de la estructura. Su peso individual alcanza los 17,88 kg, lo que refleja la densidad propia del Chanul y explica en parte su resistencia frente al desgaste mecánico ocasionado por el paso constante de los usuarios. Estas características convierten a la madera de Chanul en un material confiable, aunque con el paso del tiempo y la exposición al ambiente húmedo del entorno, su deterioro resulta inevitable.

En términos constructivos, la elección del Chanul ha respondido históricamente a la necesidad de contar con un material que combine durabilidad con una apariencia estética acorde al ambiente natural del Parque Histórico. No obstante, dichas cualidades también representan un reto: el peso y las dimensiones de cada pieza dificultan el mantenimiento, pues su reemplazo exige mano de obra especializada y recursos significativos. Además, el hecho de que la madera provenga de especies arbóreas con disponibilidad limitada incrementa las preocupaciones sobre sostenibilidad y sobre el impacto ambiental que implica su continua explotación.

Figura 10. Pieza de madera Chanul.

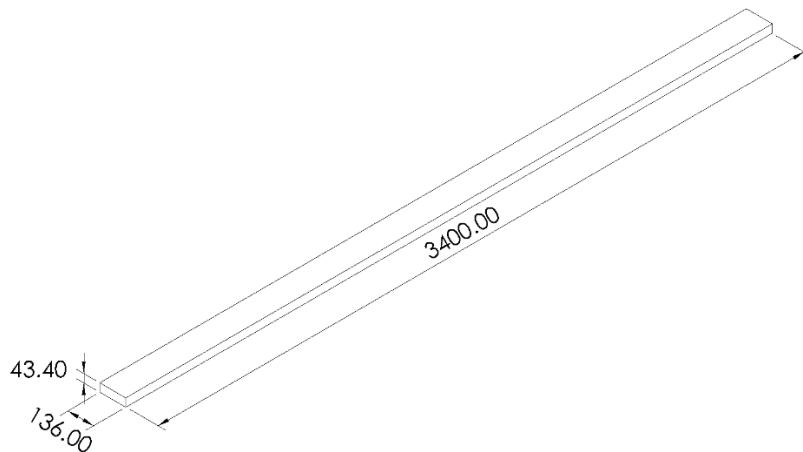


Elaborado por: Ledesma (2025)

En el marco del presente proyecto se contempla la sustitución de las piezas de madera de Chanul por un prototipo de madera plástica, diseñado específicamente para cumplir con las exigencias estructurales y funcionales de la caminera que conduce al muelle del Parque Histórico. Este material alternativo surge como respuesta a la necesidad de contar con componentes que combinen resistencia, durabilidad y un enfoque sostenible, al estar fabricados a partir de plásticos reciclados que prolongan su ciclo de vida útil y reducen la presión sobre los recursos forestales.

Las dimensiones de las piezas de este prototipo han sido establecidas para garantizar un adecuado desempeño dentro de la estructura. Cada elemento cuenta con una base de 136 mm, una altura de 43,40 mm y una longitud de 3.400 mm, medidas que permiten un acoplamiento estable y seguro en la superficie de la caminera. El peso individual es de 18,40 kg, lo que, en comparación con la madera de Chanul, representa una ligera variación que no compromete su manipulación ni su instalación, y que incluso puede aportar ventajas en términos de resistencia y firmeza al momento de soportar la carga del tránsito peatonal.

Figura 11. Pieza prototipo de madera plástica.



Elaborado por: Ledesma (2025)

En el caso de la madera de Chanul, las dimensiones de cada tablón permiten cubrir la superficie de la caminera con un total de 694 piezas. Esta cifra refleja la eficiencia dimensional del material natural, dado que sus proporciones mayores en la base permiten una menor cantidad de unidades para completar la longitud total. Sin embargo, esta ventaja aparente se ve contrarrestada por la vulnerabilidad del Chanul frente al desgaste ambiental, lo que implica reemplazos periódicos y un mayor impacto en la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Por su parte, al considerar el prototipo de madera plástica, la distribución dimensional de cada pieza determina que se requiera un total de 908 unidades para completar la misma longitud de la caminera. Aunque la cifra es superior respecto a la madera de Chanul, este hecho no representa una desventaja determinante, ya que la madera plástica ofrece ventajas significativas en términos de durabilidad, resistencia a la humedad y menor necesidad de intervenciones de mantenimiento.

Figura 12. Detalle de superficie de Muelle.



Elaborado por: Ledesma (2025)

Con la información recopilada es posible establecer una comparación directa entre ambas alternativas de material aplicadas en el sitio del proyecto. En primer lugar, se observa que la caminera requiere una menor cantidad de piezas cuando se emplea madera de Chanul, debido a que su base presenta una dimensión superior en relación con las piezas de madera plástica. Esta característica permite que cada tablón de Chanul cubra una mayor superficie, reduciendo el número total de elementos necesarios para completar la estructura.

En cuanto a la longitud, ambas piezas mantienen la misma medida, puesto que corresponde al ancho útil de la caminera del muelle. Este factor asegura que, independientemente del material seleccionado, se cumpla con el diseño funcional de la pasarela. Respecto al peso, las diferencias entre la madera de Chanul y la madera plástica se consideran admisibles para la capacidad portante de la cimentación, lo que significa que la estructura está en condiciones de soportar sin inconvenientes cualquiera de las dos alternativas.

Un aspecto particular a destacar es la altura de las piezas de madera plástica, la cual es mayor en comparación con la de las piezas de madera de Chanul. Esta variación no responde a una casualidad de diseño, sino a la necesidad de corregir un desnivel existente en el empalme entre el muelle y el piso útil de la estación fluvial contigua al proyecto. De esta manera, la elección de una mayor altura en el prototipo plástico cumple con un propósito funcional que garantiza la continuidad del tránsito peatonal, evitando irregularidades en la superficie y contribuyendo a la seguridad de los usuarios.

4.1.2 Ensayos realizados

Ensayo de flexión ASTM D6109.

El ensayo de flexión ASTM D6109 constituye un procedimiento estandarizado empleado para la evaluación de las propiedades mecánicas de materiales compuestos a base de madera plástica, ya sean reforzados o no reforzados, así como de productos relacionados. Este método de prueba permite obtener información fundamental sobre el desempeño estructural de dichos materiales, en particular respecto a su comportamiento ante esfuerzos de flexión, lo cual resulta determinante para aplicaciones constructivas como pasarelas, camineras, muelles o elementos sometidos a cargas continuas.

Figura 13. Ensayo del prototipo de madera plástica

**ENSAYO DE FLEXION PARA MADERA PLSTIFICADA
ASTM D6109**

MUESTRA	MATERIAL	BASE	ALTURA	INERCIA	LONGITUD	CARGA	MODULO DE ROTURA
		mm	mm	mm ⁴	mm	N	Mpa
1	Tablón plastificado solido	136	43,4	928597	320	15859	29,7

Elaborado por: Ledesma (2025)

$$MOR = \frac{M * \frac{h}{2}}{I}$$

$$29.70 \text{ N/mm}^2 = \frac{PL/4 * \frac{43.4\text{mm}}{2}}{928597 \text{ mm}^4}$$

$$P = 6354.68 \text{ N}$$

$$P = 6354.68 / 9.81$$

$$P = 647.77 \text{ Kg}$$

El peso promedio de una persona adulta en Ecuador es 67.90kg. Entonces, se aproxima que cada tramo de el tablón de plástico resistiría al menos 9 personas sin romperse.

Figura 14. Ensayo de la madera Chanul.

ENSAYO DE FLEXION PARA TABLON DE MADERA DE CHANUL

ASTM D6109

MUESTRA	MATERIAL	BASE	ALTURA	INERCIA	LONGITUD	CARGA	MODULO DE ROTURA
		mm	mm	mm ⁴	mm	N	Mpa
1	Tablón Madera de Chanul	165,8	32,1	457002	320	25204	70,8

Elaborado por: Ledesma (2025)

$$MOR = \frac{M * \frac{h}{2}}{I}$$

$$70.80 \text{ N/mm}^2 = \frac{PL/4 * \frac{32.1 \text{ mm}}{2}}{457002 \text{ mm}^4}$$

$$P = 10079.67 \text{ N}$$

$$P = 10079.67 / 9.81$$

$$P = 1027.49 \text{ Kg}$$

El peso promedio de una persona adulta en Ecuador es 67.90kg. Entonces, se aproxima que cada tramo de el tablón de Chanul resistiría al menos 15 personas sin romperse.

Tras el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de flexión ASTM D6109, se evidencia que tanto las piezas de madera de Chanul como el prototipo de madera plástica alcanzan valores de carga admisibles superiores a las solicitaciones reales a las que estarían sometidas dentro de la estructura del muelle. Esto significa que, antes de llegar a su punto de rotura, ambos materiales presentan un margen de seguridad amplio frente a las cargas vivas previstas en el diseño, garantizando así la estabilidad de la caminera en condiciones de uso cotidiano.

4.1.3 Factores económicos

Costo de instalación de madera de Chanul e instalación de piezas de madera plástica.

El análisis económico del proyecto contempla la comparación entre el costo de instalación de piezas de madera de Chanul y el de piezas de madera plástica. Para ambos escenarios se parte de una condición común: la necesidad de retirar completamente las piezas existentes, debido a su desgaste, daños y antigüedad, lo cual hace inviable su reutilización. No obstante, con el fin de enfocar el estudio únicamente en la incorporación de nuevos elementos, no se ha considerado en este apartado el trabajo de retiro, desmontaje ni desalojo de las piezas actualmente instaladas, pues estos corresponden a una etapa previa al proceso de sustitución.

De esta manera, el cálculo se centra exclusivamente en las actividades de instalación de las piezas nuevas. En el caso de la madera de Chanul, la instalación se ve influenciada por factores como el número reducido de tablones necesarios — gracias a sus dimensiones de base mayores—, aunque también debe tomarse en cuenta que su manipulación exige mano de obra especializada debido al peso y a la precisión requerida en el ensamble. Por su parte, la madera plástica demanda una mayor cantidad de piezas para cubrir la longitud total de la caminera, pero presenta ventajas relacionadas con su resistencia a la humedad y al deterioro biológico, lo que reduce la frecuencia de intervenciones de mantenimiento una vez instalada.

El objetivo de esta comparación no solo es establecer el costo inmediato de instalación, sino también proyectar los impactos económicos en el mediano y largo plazo. Mientras que el Chanul implica gastos recurrentes por mantenimiento y reemplazo periódico, la madera plástica ofrece un horizonte de menores costos acumulativos gracias a su mayor durabilidad. En este sentido, la evaluación del costo de instalación debe interpretarse dentro de un marco más amplio, donde intervienen tanto la inversión inicial como la sostenibilidad económica de la solución elegida para la infraestructura del muelle.

Costo de cada pieza de madera de Chanul.

El costo de cada pieza de madera de Chanul se determina a partir de varios factores relacionados con su adquisición, preparación y fijación en la caminera del muelle. En el mercado, las piezas de Chanul se comercializan con una longitud de 4,00 m y un espesor de 0,05 m, con un costo unitario de 34,00 USD. Sin embargo, estas piezas requieren un proceso adicional de cepillado, necesario para obtener un acabado uniforme y adecuado para su instalación, así como un tratamiento de curado con Maderol, que protege la madera frente a insectos y deterioro ambiental, generando costos adicionales que incrementan el valor final de cada pieza.

Es importante señalar que la longitud comercial de 4,00 m supera la medida requerida para la caminera, que es de 3,40 m por pieza. Esto genera un desperdicio de 0,60 m por tablón, aspecto que debe considerarse al calcular la inversión total para la sustitución de toda la superficie de la caminera. Este factor no solo impacta el costo económico, sino que también implica un aprovechamiento limitado del recurso natural, reforzando la relevancia de evaluar alternativas sostenibles.

Finalmente, cada pieza de madera de Chanul debe ser fijada a la estructura de la caminera mediante pernos de cabeza redonda, instalados tras perforar previamente los puntos de apoyo. Cada elemento requiere cuatro perforaciones y cuatro pernos, garantizando un anclaje seguro y estable. Sumando el costo de adquisición, el cepillado, el curado y la fijación con pernos, cada pieza de madera de Chanul instalada alcanza un costo base de 68,22 USD, cifra que servirá como referencia para la comparación con la alternativa de madera plástica y para proyectar la inversión total del proyecto.

Figura 15. Rubro de sustitución de tablones dañados (inc. Cuadro de Madera).

		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
RUBRO:	Sustitucion de tablones dañados (Inc. curado de madera)				UNIDAD: U	
DETALLE:						
EQUIPOS						
Descripción		Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor		5.00 %MO	0,53000			0,53000
SUBTOTAL M						0,53000
MANO DE OBRA						
Descripción		Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estructura ocupacional C1)		0,25000	4,65000	1,16250	0,78300	0,91024
Peon (Estructura ocupacional E2)		2,00000	4,14000	8,28000	0,78300	6,48324
Carpintero (Estructura ocupacional D2)		1,00000	4,19000	4,19000	0,78300	3,28077
SUBTOTAL N						10,67425
MATERIALES						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Tablon de madera dura e=2" L=4m			u	1,00000	35,00000	35,00000
PERNOS CABEZA DE COCO NEGRO 1/4" X 3"			u	4,00000	0,80000	3,20000
Gasolina			Gln	1,00000	2,45000	2,45000
Maderol			lt	1,00000	5,00000	5,00000
SUBTOTAL O						45,65000
TRANSPORTE						
Descripción			Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P						0,00000
			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			56,85
			INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			11,37
			OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0,00
			COSTO TOTAL DEL RUBRO			68,22
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.			VALOR OFERTADO			68,22

Elaborado por: Ledesma (2025)

Para las piezas de madera plástica.

En el caso de las piezas de madera plástica, la fabricación se realiza a medida, lo que permite producir tablones con las dimensiones exactas requeridas para la caminera: 3,40 metros de largo, 0,14 metros de ancho y 0,04 metros de espesor. Este enfoque elimina por completo el desperdicio de material, garantizando un aprovechamiento total de los recursos empleados. Asimismo, las piezas se instalan directamente, sin requerir procesos adicionales de cepillado o curado, lo que simplifica el procedimiento y reduce el tiempo de preparación previo a la instalación.

Cada pieza de madera plástica tiene un costo de fabricación de 50,00 dólares, cifra que refleja la personalización y calidad del material. Para asegurar su fijación a la caminera, cada tablón debe ser instalado mediante cuatro pernos de cabeza redonda, que requieren perforaciones previas en los puntos de apoyo. Este procedimiento genera un costo adicional que se suma al valor de fabricación de la pieza.

De esta manera, considerando tanto la fabricación como la fijación en la estructura, cada pieza de madera plástica instalada alcanza un costo base de 77,28 dólares. Este cálculo permite comparar de manera directa la inversión necesaria para la sustitución de toda la caminera con madera plástica frente al uso de madera de Chanul, incorporando tanto la eficiencia en el uso del material como los costos asociados a la instalación.

Figura 16. Rubro de suministro e instalación de plástico en formato tablonés.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	SUMINISTRO E INSTALACION DE PIEZAS DE PLASTICO EN FORMATO TABLONES				UNIDAD: U	
DETALLE:						
EQUIPOS						
Descripción		Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor		5.00 %MO	0,53000			0,53000
SUBTOTAL M						0,53000
MANO DE OBRA						
Descripción		Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estructura ocupacional C1)		0,25000	4,65000	1,16250	0,78300	0,91024
Peon (Estructura ocupacional E2)		2,00000	4,14000	8,28000	0,78300	6,48324
Carpintero (Estructura ocupacional D2)		1,00000	4,19000	4,19000	0,78300	3,28077
SUBTOTAL N						10,67425
MATERIALES						
Descripción			Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
Prototipo de madera plastica 3,40m de largo y 0,04m de espesor			u	1,00000	50,00000	50,00000
PERNOS CABEZA DE COCO NEGRO 1/4" X 3"			u	4,00000	0,80000	3,20000
SUBTOTAL O						53,20000
TRANSPORTE						
Descripción			Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P						0,00000
			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			64,40
			INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %			12,88
			OTROS INDIRECTOS: 0.00 %			0,00
			COSTO TOTAL DEL RUBRO			77,28
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.			VALOR OFERTADO			77,28

Elaborado por: Ledesma (2025)

Al calcular el costo total del trabajo de reemplazo de la caminera, se toma en cuenta la cantidad de piezas necesarias de cada material y su costo unitario correspondiente. Para la madera de Chanul, se requiere un total de 694 unidades, cada una con un costo de instalación de 68,22\$, lo que arroja un costo total de 47.344,68\$. Este valor incluye la adquisición, el cepillado, el curado y la fijación de cada pieza sobre la estructura de la caminera.

Por su parte, en el caso de la madera plástica, se considera un total de 908 unidades, con un costo unitario de 77,28\$ por pieza instalada. Esto genera un costo total de 70.170,24\$ para completar la misma longitud de caminera. Al comparar ambos materiales, se observa una diferencia de 22.825,56\$ a favor de la madera de Chanul, lo que refleja un mayor desembolso inicial al optar por la alternativa de madera plástica.

En términos porcentuales, el análisis indica que la instalación de madera plástica resulta ser un 148% más costosa que ejecutar el mismo trabajo con madera de Chanul.

Mantenimientos ejecutados a la madera de Chanul

Para evaluar el historial de mantenimiento de la caminera que conduce al muelle del Parque Histórico, se toma como referencia el contrato de mantenimiento 001-COTO-EPMPS-2024, ejecutado durante el periodo 2024-2025.

Este contrato detalla las intervenciones realizadas sobre las instalaciones del parque, incluyendo específicamente la caminera hacia el muelle, lo que permite cuantificar los costos asociados al mantenimiento de la madera de Chanul y analizar su sostenibilidad económica a lo largo del tiempo.

Dentro de este contrato, el Rubro #33, bajo la descripción de “Sustitución de tablones dañados (incluye curado de madera)”, reporta la ejecución de 425,00 metros lineales de madera de Chanul, lo que equivale a 125 piezas de 3,40 m cada una. Según el costo unitario estipulado en el contrato de 35,08\$ por metro, el monto total destinado al reemplazo de estas piezas alcanza 14.909,00\$. Este valor refleja

únicamente el costo del suministro y curado de los tablonés, sin incluir otros trabajos adicionales de mantenimiento sobre la estructura.

Adicionalmente, el mantenimiento de la caminera incluyó el Rubro #106, descrito como “Aplicación de barniz sobre piso de caminera, incluyendo lijado, limpieza y resane con masilla”. En este caso, se trabajaron 348,06 m², con un costo unitario de 15,12\$ por metro cuadrado, lo que genera un total de 5.262,66\$.

La ejecución de este rubro evidencia la necesidad de proteger la superficie de la madera frente al desgaste diario, la exposición al clima y el tránsito constante de usuarios.

En conjunto, para el periodo comprendido entre el 23 de agosto de 2024 y el 19 de abril de 2025, el mantenimiento integral de la caminera del muelle, sumando ambos rubros, alcanzó un valor de 20.171,66\$.

Estos datos permiten dimensionar los costos recurrentes asociados al uso de madera de Chanul y constituyen un insumo clave para comparar la viabilidad económica y la sostenibilidad frente a la propuesta de reemplazo con madera plástica, que promete una reducción significativa en la frecuencia y costo de mantenimiento a largo plazo.

Mantenimientos a ejecutarse en prototipo de madera plástica

Para los trabajos de mantenimiento requeridos por el material plástico que es de lo que estarían formadas las nuevas piezas de la caminera al muelle estación fluvial, se requerirían trabajos de hidrolavado con agua a presión para eliminar la presencia de suciedad en las porosidades de la superficie de las piezas.

En referencia al contrato de mantenimiento que lleva a cabo la EPMPs, este rubro forma parte de dicho contrato, Rubro #45 Limpieza de superficies y revestimientos, con equipo Hidrolavado, Incluye químicos en parque histórico por lo que tomaremos el precio unitario del mismo, 1.02 \$/m².

Con un total de 348.06m² de superficie de caminera el costo total de estos mantenimientos tendría un valor de 355.02\$. tomando en consideración que, este mantenimiento se realice semana a semana durante un año, el costo de mantenimiento costaría 18461.10\$ al año, si se ejecuta cada dos semanas el costo alcanzaría el valor de 9230.55\$ al año y lo recomendable que es, una vez al mes, el costo total durante un año sería de 4260.24\$, en todos los casos este mantenimiento es menor comparado al mantenimiento de la madera de Chanul.

Hay una diferencia de 15911.42\$ a favor de la madera plástica en los mantenimientos anuales. Lo que porcentualmente significa que la madera plástica resulta ser 473% más económico que ejecutar los trabajos de mantenimiento para la superficie de la caminera en madera de árbol de Chanul.

Realizamos una comparativa de mantenimientos a lo largo de 20 años de donde podemos concluir que el mantenimiento del material plástico es 211% más económico que ejecutar los mantenimientos sobre una superficie de madera de Chanul.

Figura 17. Comparación de Costos de Mantenimiento.

COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL			
#	AÑO	CHANUL	PLASTICO
1	2024-2025	\$ 20.171,66	\$ 4.260,24
2	2025-2026	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
3	2026-2027	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
4	2027-2028	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
5	2028-2029	\$ 20.171,66	\$ 4.260,24
6	2029-2030	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
7	2030-2031	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
8	2031-2032	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
9	2032-2033	\$ 20.171,66	\$ 4.260,24
10	2033-2034	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
11	2034-2035	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
12	2035-2036	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
13	2036-2037	\$ 20.171,66	\$ 4.260,24
14	2037-2038	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
15	2038-2039	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
16	2039-2040	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
17	2040-2041	\$ 20.171,66	\$ 4.260,24
18	2041-2042	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
19	2042-2043	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
20	2043-2044	\$ 5.262,66	\$ 4.260,24
	SUMAN	\$ 179.798,20	\$ 85.204,80

Elaborado por: Ledesma (2025)

Para proyectar la durabilidad y el ciclo de reemplazo de los materiales de la caminera, se considera un periodo de cuatro años para la sustitución de las piezas de madera de Chanul.

Esta estimación se basa en la experiencia del personal de mantenimiento del EPMPs, quienes han reportado que, a partir de los cinco años de instalación, las piezas comienzan a presentar daños significativos que incrementan el riesgo de accidentes y afectan la seguridad de los usuarios. Por lo tanto, la programación de reemplazos periódicos resulta indispensable para garantizar la integridad de la estructura y mantener condiciones de tránsito seguras sobre la caminera.

En contraste, las piezas de madera plástica ofrecen una garantía de al menos 20 años, durante los cuales se asegura que no se producirán problemas estructurales ni daños significativos por desgaste en la superficie. Esta característica representa una ventaja sustancial frente a la madera de Chanul, ya que disminuye la frecuencia de intervenciones de mantenimiento y, por ende, los costos asociados a la sustitución de piezas a lo largo del tiempo. La mayor vida útil de la madera plástica permite planificar un mantenimiento preventivo más espaciado, lo que mejora la sostenibilidad económica y reduce interrupciones en el uso del muelle.

Al considerar estos periodos de vida útil, se hace evidente que, aunque la inversión inicial de la madera plástica es mayor, su durabilidad prolongada podría compensar los costos recurrentes de mantenimiento y reemplazo que requiere la madera de Chanul.

CONCLUSIONES

El análisis técnico y económico realizado evidencia que tanto la madera natural de Chanul como el prototipo de madera plástica reforzada cumplen con las exigencias estructurales y de seguridad para las camineras del muelle del Parque Histórico. Los ensayos de flexión demuestran que ambos materiales soportan cargas vivas muy por encima de las solicitadas por el diseño, garantizando un desempeño seguro frente al tránsito peatonal. No obstante, el Chanul presenta una mayor resistencia mecánica, mientras que el plástico, pese a su menor resistencia, sigue estando sobredimensionado para las cargas reales del proyecto.

Desde el punto de vista dimensional, el prototipo de madera plástica, con mayor altura y base, resuelve mejor las irregularidades en la transición entre muelle y piso útil de la estación fluvial, sin generar desperdicios en su fabricación. En contraste, el Chanul, debido a las dimensiones comerciales, provoca pérdidas de material y requiere trabajos adicionales de cepillado y curado, incrementando su costo inicial de instalación.

En términos económicos, la inversión inicial para instalar madera plástica es superior en aproximadamente 22.825,56 USD respecto al Chanul lo que porcentualmente representa un 148% más caro; sin embargo, la diferencia se compensa en el mediano y largo plazo por los menores costos de mantenimiento y la mayor vida útil del plástico.

Mientras que el Chanul demanda reemplazos cada 4 años y constantes tratamientos protectores, la madera plástica ofrece una garantía mínima de 20 años sin deterioros estructurales significativos, requiriendo únicamente limpiezas periódicas. El ahorro estimado en mantenimiento anual para la madera plástica puede alcanzar 15.911,42 USD en comparación con el Chanul, lo que porcentualmente significa 473% de ahorro en un año de reemplazo de piezas de madera.

Por otro lado, en el análisis a largo plazo, se toman 20 años de mantenimiento se mantiene una diferencia considerable de costos a favor del material plástico 94.593,40 USD, lo que representa porcentualmente un 211% más económico que los mantenimientos sobre la madera de Chanul

En consecuencia, aunque la madera de Chanul resulta más económica a corto plazo, el análisis de ciclo de vida demuestra que la madera plástica representa una alternativa más rentable y sostenible a largo plazo, reduciendo la frecuencia de intervención, optimizando recursos y disminuyendo el impacto ambiental mediante el uso de materiales reciclados.

RECOMENDACIONES

Optar por la implementación del prototipo de madera plástica para el reemplazo progresivo de las camineras del muelle del Parque Histórico.

Realizar el reemplazo en tramos planificados para optimizar el presupuesto anual y evitar interrupciones totales en el uso del muelle.

Establecer una rutina de limpieza mensual con hidrolavado, minimizando la acumulación de suciedad y conservando la estética del material.

Evaluar periódicamente el estado de las piezas de plástico para registrar su desempeño real frente a la proyección inicial y asegurar el cumplimiento de la garantía de 20 años.

Documentar el proceso de fabricación, instalación y mantenimiento para generar un protocolo que sirva como referencia en futuros proyectos de infraestructura con materiales reciclados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, D. (2013). *El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda*. Obtenido de Repositorio UCuenca: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/ca2a551d-d1a4-4b51-a549-8a11938c8e1c>
- Albán Hidalgo, A. G. (2024). *Rediseño de unidad de educación básica implementando técnicas de construcción ancestral, en la zona rural Isla Puná (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.)*.
- Almeida-Guzmán, M., & Díaz-Guevara, C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. Avances en Ecuador. *Estudios de la Gestión*(8), 35-57. doi:10.32719/25506641.2020.8.10
- Álvarez Cruz, A. A. (2023). *Vivienda unifamiliar sustentable con certificación EDGE en la ciudad de Guayaquil (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2023.)*.
- Álvarez, A., Guzmán, E., Higuera, J., & López, J. (2021). *Descripción de población, muestra y muestreo*. La Biblioteca. doi:10.59760/8733385.09
- Arias Gonzáles, J. L., Covinos Gallardo, M. R., & Cáceres Chávez, M. (2020). Formulación de los objetivos específicos desde el alcance correlacional en trabajos de investigación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, IV(2), 237-247. doi:10.37811/cl_rcm.v4i2.73
- Asamblea Nacional. (2010). *Registro Oficial Suplemento 294*. LOSEP.
- Bañuelos-Hernández, O., Correa-Fuentes, D., Covarrubias-Ruesga, M., & Cabrera-Andrade, P. (2022). Evaluación por indicadores de accesibilidad universal en el espacio público: Centro histórico de Manzanillo. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, XVII(32), 37-50. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/4779/477970602004/477970602004.pdf>
- Barraza, C. (17 de Mayo de 2024). *14 Ventajas y desventajas de la madera*. Obtenido de Carlos Barraza: <https://barrazacarlos.com/es/ventajas-e-inconvenientes-de-la-madera/>

- Barrezueta, D. (2025). *Todo sobre el Decreto Ejecutivo 2393 Reglamento de Seguridad y Salud*. Obtenido de Corporación Líderes: <https://www.corporacionlideres.com/decreto-ejecutivo-2393/>
- Buitrago, S. (Julio de 2023). *Caracterización y eliminación de defectos en piezas de plástico para optimizar el proceso de inyección*. Obtenido de Archivo Digital UPM: <https://oa.upm.es/76032/>
- Castillo Rugel, T. V. (2024). *Daños estructurales y reforzamiento en la Iglesia Católica Señora del Carmen-Guayaquil (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.)*.
- Cedillo, N. (2021). *Ladrillo prefabricado con plástico y vidrio reciclado apto para la construcción de viviendas económicas y sociales*. Obtenido de Repositorio ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4526>
- Contreras, E. (2023). *Fabricación y análisis de propiedades físicas y mecánicas de un adoquín para jardineras reutilizando plásticos y envases tetrapack*. Obtenido de Repositorio ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6428>
- Dávalos, J. (2023). *Acuerdo Interministerial Nro. XXX*. Ministerio de Ambiente.
- Delgado Larrea, J. A. (2021). *Plan de mejora del estudio de gestión integral de residuos sólidos no peligrosos del piso 6 anexo Banco del Pacífico (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2021.)*.
- Flores , G., & Tenesaca, J. (2023). *Fabricación de un prototipo de bloque a partir de arena de caucho, plástico PET y vidrio reciclados para el sector de la construcción*. Obtenido de Repositorio ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6090>
- GAD Samborondón. (6 de Junio de 2025). *Ordenanzas Municipales. Cantón Samborondón- Del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2024 - 2035 y la actualización del Plan de Uso y Gestión de Suelo 2023 - 2027*. Obtenido de Vlex: <https://vlex.ec/vid/ordenanzas-municipales-canton-samborondon-1081638231>

- Galván, J. (2017). *Sostenibilidad y durabilidad de elementos estructurales superficiales en base madera : el caso del CLT*. Obtenido de Archivo Digital UPM: <https://oa.upm.es/46891/>
- García, R., & López, K. (2024). *Impacto técnico, económico y evaluación experimental de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado*. Obtenido de Repositorio ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7237>
- Hernandez Sánchez, M. Á. (2025). *Análisis comparativo económico de una vivienda unifamiliar con seis diferentes sistemas constructivos (Bachelor's thesis, La Libertad, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2025)*.
- IberoPlast. (2023). *Descubre cómo se recicla el polipropileno*. Obtenido de IberoPlast: <https://www.iberoplast.pe/blog/proceso-reciclaje-polipropileno/>
- IESS. (1 de Junio de 2017). *Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo*. Obtenido de Gobierno del Ecuador: <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/C.D.%20513.pdf>
- IESS. (Diciembre de 2018). *Decisión 584 - Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Obtenido de OISS: <https://oiss.org/wp-content/uploads/2018/12/decision584.pdf>
- Lascano Montes, N. R. (2023). *Diseño de un centro comercial contemporáneo en la ciudad de Milagro (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2023.)*.
- Ledesma Espin, J. &. (2024). *Evaluación de factores de riesgos laborales y plan de mejora de seguridad en el proyecto Costa Garden (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.)*.
- Leyton, P., & Cabrera, H. (Diciembre de 2012). *Determinación de las propiedades físico-mecánicas de las maderas Pandala, Chanul, Granadillo y Cuangare según la densidad básica tipo A, B y C*. Obtenido de SIREN UDENAR: <https://sired.udenar.edu.co/10359/1/85705.pdf>
- Limpieza de Malaga. (10 de Febrero de 2021). *El HDPE (polietileno de alta densidad), qué es y qué se obtiene de su reciclado*. Obtenido de Limpieza de Malaga: <https://limpiezademalaga.es/hdpe-polietileno-alta-densidad/>

- Lisperguer, J., Bustos, X., Saravia, Y., Escobar, C., & Venegas, H. (2013). Efecto de las características de harina de madera en las propiedades físico-mecánicas y térmicas de polipropileno reciclado. *Maderas. Ciencia y tecnología*, XV(3), 321-336. doi:10.4067/S0718-221X2013005000025
- López, K., Pino, J., Domínguez, D., & Orejuela, I. (2025). Optimización de cimentaciones rectangulares aisladas: Un enfoque para la reducción de costos e impacto ambiental. *Revista Científica Multidisciplinaria SAPIENTIAE*, VIII(16), 95-121. doi:10.56124/sapientiae.v8i16.007
- Martínez Nieves, O. A. (2022). *Infraestructura hidráulica sustentable para riego y drenaje en el cantón Babahoyo (Master's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.)*.
- Mechura, V., Colonna, C., Ibañez, M., & Delbono, L. (2024). Adaptación del ensayo de abrasión por vía húmeda para la evaluación de marcas viales: análisis de retrorreflexión y resistencia al deslizamiento. *Ingenio Tecnológico*, VI, 50. Retrieved from <https://ingenio.frlp.utn.edu.ar/index.php/ingenio/article/view/107>
- Mendoza Ramirez, B. J. (2024). *Influencia de la sustitución porcentual del cemento por ceniza de capirona en propiedades físico-mecánicas del adoquín de concreto-2023*.
- Mora Carmigniani, E. J. (2024). *Propuesta de plan de gestión de costos y tiempo del proyecto rehabilitación vial Samborondón-Salitre aplicando Lean Construction (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.)*.
- Mora Quimí, J. L. (2022). *Placa derivada de la caña guadua con plástico triturado PET y mortero tradicional (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.)*.
- Morales, V. (2021). El derecho constitucional a vivir en un ambiente sano. *Palabra*, I(1), 136-155. Obtenido de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/palabra/article/view/2870>
- MTOP. (2023). *Reglamento de Higiene y Seguridad*. MTOP. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2023/01/Reglamento-Interno-de-Higiene-y-Seguridad-del-MTOP-2023-2025.pdf?utm_source=chatgpt.com

Neira Loza, Á. F. (2022). *Diseño de una vivienda sostenible con integración de sistema de reciclaje de aguas pluviales (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.)*.

Ojados, G. (Septiembre de 2013). *Resistencia al desgaste ya la abrasión de polímeros técnicos y nanocomposites*. Obtenido de Repositorio UPCT: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3712/tfpfd18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ordoñez, P., & Lugo, Y. (7 de Mayo de 2016). *Estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú*. Obtenido de Repositorio PUCP: <https://tesis.pucp.edu.pe/items/6bda715a-a5e9-4931-af11-14c494c8eac4>

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, XXXV(1), 227-232. doi:10.4067/S0717-95022017000100037

Parque Histórico Guayaquil. (2021). *Normas y regulaciones para la realización de eventos en el Parque Histórico Guayaquil*. Obtenido de Empresa Pública de Parques Urbanos y Espacios Públicos: <https://1library.co/document/y605gmgy-normas-regulaciones-realizacion-eventos-parque-historico-guayaquil.html>

Peña Escobar, Á. A. (2022). *Prototipo de adoquín rectangular a base de papel y cartón reciclado para revestimiento de camineras*. (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.).

Pico Torres, C. A. (2024). *Eficiencia energética y elaboración de guía para materiales aislantes térmicos en viviendas urbanas (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.)*.

Plaza Álvarez, S. P. (2022). *Rediseño del mercado central con criterios bioclimáticos y protocolo de bioseguridad del cantón Lomas de Sargentillo, provincia del Guayas (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.)*.

- Rojas Crotte, I. (2011). Elementos para el Diseño de Técnicas de Investigación: Una Propuesta de Definiciones y Procedimientos en la Investigación Científica. *Tiempo de Educar*, XII(24), 277-297.
- Roldán Panta, J. A. (2024). *Diseño y evaluación técnica del sistema de recolección de agua lluvia con filtro de arena para edificios residenciales (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.)*.
- Ruiz Medina, M. I., Borboa Quintero, M. d., & Rodríguez Valdez, J. C. (2013). El enfoque mixto de investigación en los estudios fiscales. *Tlatemoani: revista académica de investigación*, 1-25. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?Codigo=7325416>
- Samaniego Mendoza, J. O. (2022). *Criterios de construcción civil sustentable para el fortalecimiento de las políticas públicas actuales de programas habitacionales (Master's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.)*.
- Sánchez-Gómez, J., & Cedeño-Macías, J. (2021). El principio de sostenibilidad ambiental en las políticas públicas de vivienda en el Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, VII(5), 465-482. doi:10.23857/dc.v7i5.2262
- Solís Rodríguez, L. L. (2024). *Manual de funciones para los colaboradores de la Empresa MIDASOLUTIONS SA (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.)*.
- Torres, M. (30 de Junio de 2022). *El espacio público dificulta la accesibilidad inclusiva*. Obtenido de Diario Expreso: <https://www.expreso.ec/guayaquil/espacio-publico-dificulta-accesibilidad-inclusiva-130638.html>
- Vargas Bazurto, B. G. (2022). *Impacto ambiental de la tecnología MTBM en la construcción de redes de saneamiento en Guayaquil (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.)*.
- Vera Castillo, D. J. (2024). *Diseño de regeneración urbana implementando infraestructura de materiales sostenibles en el parque central de Pedernales (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.)*.

Zambrano Mora, O. P. (2022). *Propuesta de parque ecológico para la Cooperativa Juan Montalvo, km 8 ½ vía Daule, Guayaquil (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.)*.

ANEXOS

Anexo 1. Prueba de flexo-compresión (Madera de Chanul).



Anexo 2. Prueba de flexo-compresión (Madera Plástica).



Anexo 3. Dimensionamiento de pieza de Madera de Chanul.



Anexo 4. Dimensionamiento de pieza de Madera Plástica.



Anexo 5. Momento de rotura de Madera Plástica.



Anexo 6. Resultado de ensayo de flexión en Madera de Chanul.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL - FUNDACYT

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS CEINVES

RESISTENCIA A FLEXION EN ELEMENTOS PLANOS
ASTM D6109

FECHA: 06 DE AGOSTO DE 2025
CLIENTE: NELVYN LEDESMA
REFERENCIA: TABLON DE MADERA DE CHANUL

MUESTRA	MATERIAL	FECHA RECEPCION	FECHA ENSAYO	Base mm	Altura mm	Inercia mm4	Longitud (1) mm	Carga (2) N	Módulo de Rotura (3) MPa
1	Tablón Madera Chanul	5-ago-25	5-ago-25	165,8	32,1	457002	320	25204	70,8

Observaciones:

(1) La longitud es entre apoyos. Según la norma debería ser 16 veces el espesor, pero por limitaciones del aparato de ensayo se utilizó 320 mm.

(2) La carga fue aplicada con un rodillo central. La norma estipula que debe ser doble rodillo.

(3) El cálculo del Módulo de Rotura considera lo indicado en (1) a (5), utilizando la fórmula:
 $\sigma = M/cI$, donde $M = \text{Carga} \times \text{Longitud} / 4$, $c = \text{Altura} / 2$, e I es la inercia efectiva en (3).



Centro de Investigaciones en
Ingeniería Estructural y Sismo Resistencia

CEINVES



Ing. Luis O. Yépez R.
Responsable Técnico

Anexo 7. Resultado de ensayo de flexión en Madera Plástica.





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL - FUNDACYT

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS CEINVES

RESISTENCIA A FLEXION EN ELEMENTOS PLANOS
ASTM D6109

FECHA: 05 DE AGOSTO DE 2025
CLIENTE: NELVYN LEDESMA
REFERENCIA: MADERA PLASTIFICADA

MUESTRA	MATERIAL	FECHA RECEPCION	FECHA ENSAYO	Base mm	Altura mm	Inercia mm ⁴	Longitud (1) mm	Carga (2) N	Módulo de Rotura (3) MPa
1	Tablón Plástico Sólido	4-ago-25	5-ago-25	136,0	43,4	928597	320	15859	29,7

Observaciones:

(1) La longitud es entre apoyos. Según la norma debería ser 16 veces el espesor, pero por limitaciones del aparato de ensayo se utilizó 320 mm.

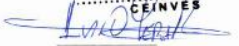
(2) La carga fue aplicada con un rodillo central. La norma estipula que debe ser doble rodillo.

(3) El cálculo del Módulo de Rotura considera lo indicado en (1) a (5), utilizando la fórmula:
 $\sigma = M/cI$, donde $M = \text{Carga} \times \text{Longitud} / 4$, $c = \text{Altura} / 2$, e I es la inercia efectiva en (3).



Centro de Investigaciones en
Ingeniería Estructural y Sismo Resistencia

CEINVES



Ing. Luis O. Yépez R.
Responsable Técnico

Anexo 8. Prueba de Abrasión (Madera de Chanul).



Anexo 9. Resultado de prueba de abrasión (Madera de Chanul.)



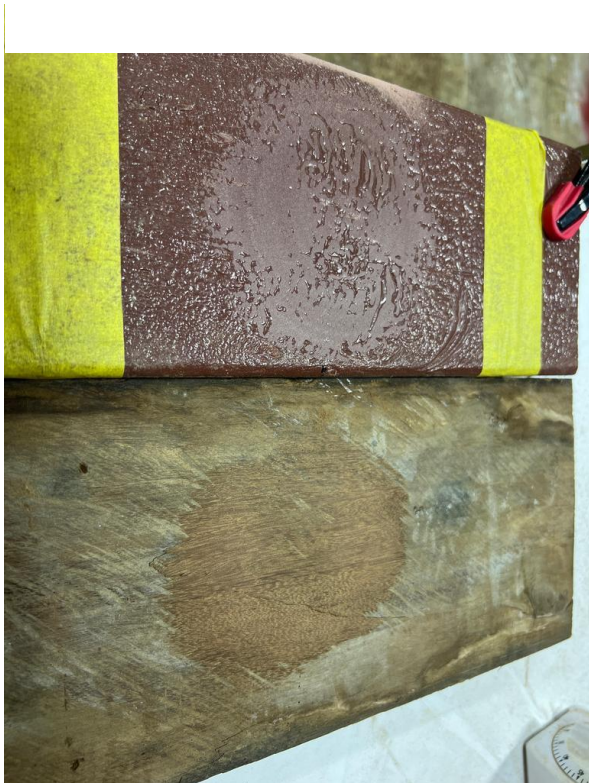
Anexo 10. Prueba de Abrasión (Madera Plástica)



Anexo 11. Resultado de prueba de abrasión (Madera Plástica.)



Anexo 12. Comparación de prueba de abrasión.



Anexo 13. Rubros de Mantenimiento y Readecuación (EPMPS).



EPMPS

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE PARQUES "PARQUES DE SAMBORONDON-EP"

OBRA : MANTENIMIENTO Y READECUACION DE OBRAS CIVILES Y ELECTRICAS EN DIFERENTES SECTORES DEL PARQUE HISTORICO UBICADO EN LA PARROQUIA URBANA SATELITE LA PUNTILLA DEL CANTON SAMBORONDON.												
CONTRATO No:			001-COTO-EPMPS-2024					PLANILLA No.			07 DE RUBROS DE CONTRATO	
CONTRATISTA:			MENA SILVA MARTHA GUADALUPE					FECHA DE INICIO CONTRACTUAL:			23 DE AGOSTO DEL 2024	
VALOR DEL CONTRATO ORIGINAL:			375.104,2703					FECHA DE ENTREGA CONTRACTUAL:			19 DE ABRIL DEL 2025	
VALOR DEL ANTICIPO:			0,00					PLAZO CONTRACTUAL:			240 DIAS	
PERIODO PLANILLADO:			23 DE AGOSTO DEL 2024 A 20 DE MARZO DEL 2025									
#	RUBROS DE CONTRATO					CANTIDADES DE OBRA EJECUTADAS			MONTOS			% PARCIAL
ITEM	ACTIVIDADES	UND	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	ANTERIOR	ACTUAL	A LA FECHA	ANTERIOR	ACTUAL	A LA FECHA	ACUMULADO DE AVANCE DE OBRA
33	Sustitucion de tablonos dañados (Inc. curado de madera)	m	600,00	\$ 35,08	\$ 21.048,00	600,00	155,01	755,01	21.048,00	5.437,75	26.485,75	125,83
45	Limpeza de superficies y revestimientos, con equipo Hidrolavado, Incluye quimicos en parque historico	m2	35000,00	\$ 1,02	\$ 35.700,00	35000,00	13016,56	48.016,56	35.700,00	13.276,89	48.976,89	137,19
106	Aplicación de barniz sobre piso de caminera, inc. lijado, limpieza y resane con masilla.	m2	1400,00	\$ 15,12	\$ 21.168,00	382,96	0,00	382,96	5.790,35	-	5.790,35	27,35