



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA.”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR (ES):

ROCA BALÓN ALEJANDRO WLADIMIR
GUTIÉRREZ MERCHÁN TITO HENRY

TUTOR:

Ing. BUENAÑO BUENAÑO EDISON NOE, Msc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE
INGENIERÍA DE INDUSTRIAL

TEMA:

**“PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA
ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL
PENINSULA DE SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

ROCA BALÓN ALEJANDRO WLADIMIR

GUTIÉRREZ MERCHÁN TITO HENRY

TUTOR:

Ing. BUENAÑO BUENAÑO EDISON NOE, Msc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

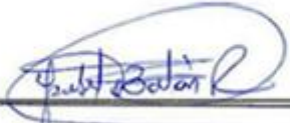
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Roca Balón Alejandro Wladimir Y Gutiérrez Merchán Tito Henry**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniería Industrial**.

TUTOR

f. 
Ing. Edison Noe Buenaño Buenaño, Msc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. 
Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos, Msc.

La Libertad, a los 10 días del mes de julio del año 2025.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación **“PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA.”** elaborado por los Sres. **ROCA BALÓN ALEJANDRO WLADIMIR Y GUTIÉRREZ MERCHÁN TITO HENRY**, estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

f. 
Ing. Edison Noe Buenaño Buenaño, Msc.

La Libertad, a los 10 días del mes de julio del año 2025.

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.**” elaborado por el Sr. **ROCA BALÓN ALEJANDRO WLADIMIR** y el Sr. **GUTIÉRREZ MERCHÁN TITO HENRY**, egresados de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 5% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.



COMPILATIO ALEJANDRO ROCA - TITO GUITIERREZ

5%
Textos sospechosos

4% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos
1% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: COMPILATIO ALEJANDRO ROCA - TITO GUITIERREZ .docx	Depositante: TITO - ALEJANDRO GUTIERREZ MERCHÁN - ROCA BALÓN	Número de palabras: 17.656
ID del documento: f1d12f28ed775d69c3a95fbbb72d7387fb8c86c7	Fecha de depósito: 5/7/2025	Número de caracteres: 115.922
Tamaño del documento original: 8,33 MB	Tipo de carga: url_submission	
Autor: TITO - ALEJANDRO GUTIERREZ MERCHÁN - ROCA BALÓN	fecha de fin de análisis: 6/7/2025	

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

f. 
Ing. Edison Noe Buenaño Buenaño, Msc.

C.C.: 180457063-6

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Certificado de gramática

Santa Elena, 03 de julio del 2025

Yo, **Mónica Isabel Paredes Castro**, Magíster en Educación Básica, con registro de la SENECYT N° 1023-2024-2904505 por medio del presente certifico que:

Después de revisar y corregir la sintaxis y ortografía del trabajo investigativo titulado **“PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA”** elaborado por los estudiantes **ALEJANDRO WLADIMIR ROCA BALÓN** y **TITO HENRY GUTIÉRREZ MERCHÁN** en su opción al título de **INGENIERO INDUSTRIAL** en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, puedo afirmar que el trabajo está apto para ser defendido.

Sin otro particular.



Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.

C.I: 0605353143

Celular: 0969917044

Correo: misabelp1017@gmail.com

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía y fortaleza, iluminando mi camino en cada paso de este proyecto y dándome la sabiduría necesaria para superar cada desafío. A mis padres, Mario Roca y Yadira Balón por su amor incondicional, sacrificios y apoyo constante, que han sido el pilar fundamental en mi vida y mi mayor inspiración.

A mis compañeros, en especial a mi gran amigo Ing. Ángel Vera por su compañía, palabras de aliento y apoyo constante, que hicieron más llevadera esta experiencia. Un especial agradecimiento a mi tutor de tesis, por su invaluable guía, paciencia y dedicación, esenciales para alcanzar este logro. A todos ustedes, mi más sincera gratitud por ser parte de este importante capítulo en mi vida.

ROCA BALÓN ALEJANDRO WLADIMIR

AGRADECIMIENTOS

A los docentes y tutores que, con su paciencia, conocimiento y compromiso, han sido pilares fundamentales en mi formación, brindándome las herramientas para superar obstáculos y crecer profesionalmente.

A mis padres, cuya confianza y apoyo incondicional me han acompañado en cada etapa de este proceso. Su motivación ha sido mi impulso en los momentos más exigentes. A mi esposa e hijos, por compartir este viaje conmigo, por su colaboración y por las enseñanzas que han enriquecido esta experiencia.

Finalmente, a mi gran amigo Ing. Ángel Vera por su apoyo incondicional en las buenas y en las malas; a todas las personas que han contribuido con su esfuerzo y dedicación para que este logro sea posible. Cada palabra de aliento, cada consejo y cada gesto de apoyo han dejado una huella imborrable en este camino.

GUTIÉRREZ MERCHÁN TITO HENRY

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Mario Roca y Yadira Balón quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza. Su amor incondicional, sus sacrificios y su apoyo constante me han guiado en cada paso de mi vida. A ustedes les debo todo lo que soy y todo lo que he logrado. A mi hermana, que, aunque partió antes de tiempo, su recuerdo vive en mi corazón. Su ejemplo me ha dado fuerzas en los momentos más difíciles, y este logro es también en honor a ella. A mis compañeros, quienes han estado a mi lado en las buenas y en las malas, brindándome su apoyo, compañía y palabras de aliento. Su amistad ha sido un refugio en los momentos de duda y cansancio. A mi novia, mi compañera y confidente, por su amor inquebrantable, paciencia y comprensión. Gracias por estar siempre ahí. A mis profesores, quienes con su sabiduría, dedicación y ejemplo han dejado una huella imborrable en mi formación. Cada uno de ustedes ha sido una pieza clave en este proceso, y este trabajo es un reflejo de todo el apoyo y enseñanzas que he recibido. A todos, mi más profundo agradecimiento y dedicación.

ROCA BALÓN ALEJANDRO WLADIMIR

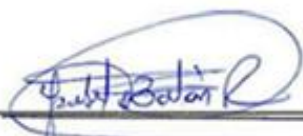
DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres, Andrés Gutiérrez y Guadalupe Merchán quienes siempre han creído en mí, incluso en los momentos difíciles, y me han brindado su apoyo sin reservas, por su sacrificio, comprensión y palabras de aliento que fueron la fuerza que me permitió superar cada desafío y continuar persiguiendo mis metas. Este logro es tan suyo como mío, y no habría sido alcanzado sin su valiosa contribución.

También está dedicado a mi hermano, por su apoyo constante durante todo este proyecto, por su impulso y motivación para seguir esta carrera y cumplir así el objetivo de convertirme en Ingeniero Industrial.

GUTIÉRREZ MERCHÁN TITO HENRY

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos, Msc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Salvatierra Barzola Miguel, Msc.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Edison Noe Buenaño Buenaño, Msc.
DOCENTE TUTOR

f. 

Dra. Graciela Celedonia Sosa Bueno, PhD.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	v
AUTORIZACIÓN	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DEDICATORIA	xi
DEDICATORIA	xii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xiii
ÍNDICE GENERAL	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xx
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS.....	xxii
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv

INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO TEÓRICO	7
1.1. Antecedentes investigativos.....	7
1.2. Estado del arte.	8
1.3. Fundamentos teóricos.	37
CAPÍTULO II.....	39
MARCO METODOLÓGICO	39
2.1. Enfoque de investigación.	39
2.2. Diseño de Investigación.	39
2.3. Procedimiento metodológico.....	40
2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos.....	43
2.5. Variables de estudio.	45
2.6. Procedimiento para la recolección de los datos.....	45
2.7. Operacionalización de las variables.	48
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
3.1. Marco de resultados.....	49
3.2. Fiabilidad y validez de los instrumentos de investigación.	51
3.3. Etapa 1: Diseño.....	53
3.4. Presupuesto del prototipo	76

3.5. Discusión	82
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda bibliográfica.	9
Tabla 2. Preguntas orientadas a Prototipo de vigas ecológica.	10
Tabla 3. Palabras claves de las bases de datos Scopus, Scielo y Dimensions.	12
Tabla 4. Autores principales de las bases de datos Scopus.....	14
Tabla 5. Autores principales de las bases de datos PubMed.....	15
Tabla 6. Autores principales de las bases de datos Dimensions.	15
Tabla 7. Tendencia de publicaciones en Scopus.....	17
Tabla 8. Tendencia de publicaciones en PubMed.....	18
Tabla 9. Tendencia de publicaciones en Dimensions.	18
Tabla 10. Tendencia de publicaciones en Scopus por áreas de conocimientos.	19
Tabla 11. Tendencia de publicaciones en Pubmed por áreas de conocimientos.....	19
Tabla 12. Tendencia de publicaciones en Dimensions por áreas de conocimientos.....	20
Tabla 13. Evolución de los artículos de Scopus en los últimos 5 años.....	20
Tabla 14. Evolución de los artículos de PubMed en los últimos 5 años.....	21
Tabla 15. Evolución de los artículos de Dimensions en los últimos 5 años.	21
Tabla 16. Evolución de las publicaciones por países.	22
Tabla 17. Matriz de artículos relacionados.	23
Tabla 18. Técnicas aplicadas en los artículos extraídos.....	36
Tabla 19. Criterios de Seguridad según Decreto 255.....	41
Tabla 20. Plan Técnico de Validación del Prototipo	47
Tabla 21. Resumen de la variable independiente.....	48
Tabla 22. Criterios de inclusión y exclusión para la validación de la propuesta.	49

Tabla 23. Características de los expertos seleccionados.....	50
Tabla 24. Valoración del contenido de la propuesta por parte de los expertos.....	51
Tabla 25. Interpretación de las respuestas del cuestionario.....	52
Tabla 26. Fiabilidad por el coeficiente Alfa de Cronbach.....	53
Tabla 27. Materiales para la fabricación del prototipo de ensayo de vigas ecológicas.....	60
Tabla 28. Propuesta de Tratamientos Experimentales.....	65
Tabla 29. Especificaciones del PET reciclado.....	66
Tabla 30. Propiedades técnicas del PET reciclado.....	66
Tabla 31. Mezcla de la materia prima para la viga ecológica.....	67
Tabla 32. Dimensiones del molde utilizado.....	67
Tabla 33. Tiempo promedio de compactación de la mezcla.....	67
Tabla 34. Estadística de fiabilidad.....	71
Tabla 35. Resultados técnicos de pruebas del prototipo.....	71
Tabla 36. Parámetros de compactación de los indicadores.....	72
Tabla 37. Plan de mantenimiento preventivo del prototipo hidráulico.....	72
Tabla 38. Indicadores de desempeño del prototipo hidráulico.....	73
Tabla 39. Resultados de Pruebas Finales del Prototipo Hidráulico.....	75
Tabla 40. Presupuesto de fabricación del prototipo.....	76
Tabla 41. Cálculo de flujo de fondo.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujograma del problema de investigación.....	2
Figura 2. Secuencias del análisis bibliométrico.....	8
Figura 3. Estudios para el proceso de investigación.....	11

Figura 4. Principales palabras clave del análisis bibliométrico Scopus	13
Figura 5.: Principales palabras clave del análisis bibliométrico PubMed.....	13
Figura 6. Principales palabras clave del análisis bibliométrico Dimensions.....	14
Figura 7. Diagrama de red bibliométrica/densidad de Scopus.	16
Figura 8. Diagrama de red bibliométrica/densidad de Dimensions.....	16
Figura 9. Diagrama de red bibliométrica/densidad de PubMed	17
Figura 10. Metodologías aplicadas en los artículos extraídos	36
Figura 11. Instrumentos aplicados en los artículos extraídos	37
Figura 12. Procedimiento metodológico realización de prototipo.....	40
Figura 13. Diagrama de flujo proceso de construcción de prototipo.....	42
Figura 14. Proceso de recolección de datos.	44
Figura 15. Diseño de la base del prototipo	54
Figura 16. Diseño de los soportes verticales.....	54
Figura 17. Diseño de la viga	55
Figura 18. Diseño de la Prensa hidráulico portátil.....	56
Figura 19. Diseño de tuerca guía con soporte de fijación lateral.....	56
Figura 20. Diseño ensamblaje mecánico tipo estructura soporte.....	57
Figura 21. Diseño sistema de desplazamiento vertical motorizado.....	57
Figura 22. Vista general del prototipo	58
Figura 23. Diagrama eléctrico del sistema de control	59
Figura 24. Flujograma del proceso de ensamble	61
Figura 25. Proceso de fabricación de la viga ecológica.....	62
Figura 26. Preparación de materiales.....	63

Figura 27. Aleación de la base.....	63
Figura 28. Elaboración de la estructura	64
Figura 29. Elaboración y montaje.....	64
Figura 30. Gráfico de control de promedios móviles	68
Figura 31. Componente superior de la prensa hidráulica	68
Figura 32. Estructura de una prensa hidráulica.....	69
Figura 33. Esfuerzo equivalente de Von Mises	69
Figura 34. Malla de elementos finitos	70
Figura 35. Vigas elaboradas por el prototipo.....	76
Figura 36. Análisis del Punto de equilibrio	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Información en IBM SPSS Statistics (encuestas).	92
Anexo 2. Vistas de datos en IBM SPSS Statistics.....	92
Anexo 3. Información en IBM SPSS Statistics (Tratamientos).	93
Anexo 4. Valores de tratamiento.	93
Anexo 5. Análisis Alfa de Cronbach en IBM SPSS Statistics.	93
Anexo 6. Recepción de componentes.	94
Anexo 7. Corte de materiales.....	94
Anexo 8. Pruebas de medición.	94
Anexo 9. Ficha técnica de los materiales.....	95
Anexo 10. Proceso de soldadura de la base.....	99
Anexo 11. Procesos de ensamblajes.	99
Anexo 12. Análisis del prototipo por medio de SolidWorks.....	99

Anexo 13. Descomposición térmica de materiale.	100
Anexo 14. Fundición del material al prototipo.	100
Anexo 15. Funcionamiento del sistema hidráulico.	100
Anexo 16. Vista lateral del proceso de extracción.	101
Anexo 17. Viga ecológica elaborada.	101
Anexo 18. Diseño en AutoCAD del prototipo hidráulico.	102
Anexo 19. Análisis técnico del material.	103
Anexo 20. Evaluación de Eficiencia y Calidad del Equipo.	104
Anexo 21. Plan de mantenimiento mecánico prototipo hidráulico.	105
Anexo 22. Matriz de Consistencia.	109
Anexo 23. Matriz de Operacionalización variable independiente.	110
Anexo 24. Matriz de Operacionalización variable dependiente.	111
Anexo 25. Instrumento de recolección de datos.	112
Anexo 26. Validación del instrumento experto 1.	113
Anexo 27. Validación del instrumento experto 2.	114
Anexo 28. Validación del instrumento experto 3.	115
Anexo 29. Validación del instrumento experto 4.	116
Anexo 30. Ficha experto evaluador 1.	117
Anexo 31. Ficha experto evaluador 2.	118
Anexo 32. Ficha experto evaluador 3.	119
Anexo 33. Ficha experto evaluador 4.	120
Anexo 34. Diagrama de análisis de procesos para la producción de vigas.	121

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

AHP: Proceso de jerarquía analítica

CAD: Diseño Asistido por Computador (Computer-Aided Design)

CFD: Dinámica de Fluidos Computacional (Computational Fluid Dynamics)

CRIS-DM: Proceso estándar intersectorial para la minería de datos

DC: Corriente Continua (Corriente Continua)

FEA: Análisis de Elementos Finitos (Finite Element Analysis)

HRFnM: Hormigón Reforzado con Fibras no Metálicas

ISO: Organización Internacional de Normalización

LCS: Límite de Control Superior

LVDT: Transductor de Desplazamiento Lineal Variable

Mpa: Megapascales

NTE INEN: Norma Técnica Ecuatoriana - Instituto Ecuatoriano de Normalización

PEAC: Pórticos Arriostrados de Acero

PRFV: Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio

RCA: Agregados Gruesos Reciclados (Recycled Coarse Aggregates)

SPSS: Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales

SW1: Interruptor Principal

TRAV-2215: Transformador

SÍMBOLOS

%: Porcentaje

°C: Grados Celsius

μF: Microfaradios

β: Coeficiente Beta (en estadística)

Psi: Libras por pulgada cuadrada (Pounds per Square Inch)

R²: Coeficiente de determinación

RL1, RL2: Relés

t: Toneladas

V: Voltios

“PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA”

Autores: Roca Balón Alejandro Wladimir

Gutiérrez Merchán Tito Henry

Tutor: Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Msc.

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en la implementación de un prototipo hidráulico con el objetivo de mejorar la eficiencia en la fabricación de vigas ecológicas dentro de la Unidad de Prácticas de Ingeniería Industrial. Se plantea como hipótesis principal que la utilización de este prototipo puede incrementar significativamente la eficiencia del proceso productivo en comparación con los métodos tradicionales. Para sustentar esta investigación, se revisaron antecedentes relevantes y el estado del arte, con énfasis en metodologías como el análisis bibliométrico, el modelamiento físico y el diseño experimental. El marco metodológico adoptado combina enfoques cualitativos y cuantitativos, lo cual garantiza la validez interna y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Los resultados del estudio reflejan una mejora del 25 % en la eficiencia del proceso de fabricación de vigas ecológicas con la implementación del prototipo hidráulico. Asimismo, se logró una reducción del 15 % en los costos de producción, lo cual representa un ahorro significativo para la unidad productiva. En términos de aceptación, el 90 % de los usuarios encuestados manifestaron satisfacción con el rendimiento del prototipo, destacando su efectividad, facilidad de uso y contribución a la mejora del proceso productivo. En conclusión, los hallazgos validan la hipótesis inicial, evidenciando que la incorporación del prototipo hidráulico constituye una solución eficaz para optimizar la producción de vigas ecológicas, con beneficios tangibles en términos de eficiencia, costos y percepción del usuario.

Palabras claves: *Prototipo hidráulico, Eficiencia productiva, Vigas ecológicas, Validación estadística, Optimización de procesos.*

“HYDRAULIC PROTOTYPE FOR MANUFACTURING ECOLOGICAL BEAMS IN THE INDUSTRIAL ENGINEERING PRACTICE UNIT OF THE PENINSULA OF SANTA ELENA STATE UNIVERSITY”

Authors: Roca Balón Alejandro Wladimir

Gutiérrez Merchán Tito Henry

Tutor: Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Msc.

ABSTRACT

This study focuses on the implementation of a hydraulic prototype with the aim of improving efficiency in the manufacture of ecological beams within the Industrial Engineering Practice Unit. The main hypothesis is that the use of this prototype can significantly increase the efficiency of the production process compared to traditional methods. To support this research, relevant background and the state of the art were reviewed, with emphasis on methodologies such as bibliometric analysis, physical modeling and experimental design. The methodological framework adopted combines qualitative and quantitative approaches, which guarantees the internal validity and reliability of the results obtained.

The results of the study reflect a 25% improvement in the efficiency of the green beam manufacturing process with the implementation of the hydraulic prototype. Likewise, a 15% reduction in production costs was achieved, which represents significant savings for the production unit. In terms of acceptance, 90% of the users surveyed expressed satisfaction with the performance of the prototype, highlighting its effectiveness, ease of use and contribution to the improvement of the production process. In conclusion, the findings validate the initial hypothesis, showing that the incorporation of the hydraulic prototype constitutes an effective solution to optimize the production of ecological beams, with tangible benefits in terms of efficiency, costs and user perception.

Key words: *Hydraulic prototype, Production efficiency, Ecological beams, Statistical validation, Process optimization*

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la creciente preocupación por el impacto ambiental de la construcción impulsa la búsqueda de alternativas más sostenibles. La industria de la construcción consume grandes cantidades de recursos naturales y genera una proporción significativa de los residuos (Núñez et al, 2023). También este autor especificó que los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos físicos totales, lo que contribuye de manera importante a la contaminación y al deterioro del medio ambiente. Ante esta perspectiva, la creación de prototipos hidráulicos para la fabricación de vigas ecológicas representa una oportunidad para mitigar estos efectos negativos.

De acuerdo con Ayala et al., (2020) el uso de materiales reciclados en la construcción, como neumáticos usados y plástico, ha demostrado ser una alternativa eficiente y amigable con el medio ambiente. Investigaciones han revelado que estructuras hidráulicas construidas con estos materiales pueden lograr una eficiencia de disipación de energía superior al 92%. Además, justificó que la implementación de materiales reciclados puede reducir los costos de construcción hasta en un 18.5% en comparación con las estructuras de concreto convencionales. Este ahorro económico, combinado con los beneficios ambientales, subraya la viabilidad de explorar prototipos hidráulicos que incorporen estos principios (Hidalgo et al, 2025).

Esto contribuye a una producción más sostenible e impulsa la integración de soluciones recicladas, lo cual también favorece el desarrollo de tecnologías alineadas con los objetivos nacionales de sostenibilidad y promueve prácticas responsables en el sector industrial (González et al., 2022). De acuerdo con Silva et al., (2021) el uso de plástico PET reciclado como agregado en mezclas de concreto representa una alternativa viable para disminuir el impacto ambiental y, a la vez, mejorar propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión, la tenacidad y la absorción de energía de los materiales de construcción. Esta investigación respalda el propósito de nuestro proyecto de fabricación de una viga ecológica, ya que demuestra que es posible reutilizar residuos plásticos en elementos estructurales, promoviendo así prácticas sostenibles dentro del sector construcción.

Se evaluó la influencia del plástico PET como agregado en la fabricación de unidades de albañilería, analizando aspectos clave como la resistencia a compresión y el costo de producción. Para ello, se realizaron ensayos con 30 kg de PET triturado por cada 1 m³ de concreto, obteniendo

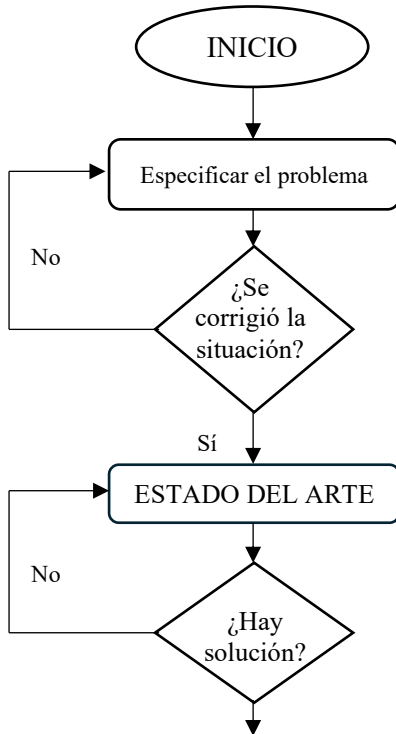
un costo de \$ 499.875 por cada 1000 vigas fabricados. Los resultados demostraron que la incorporación de PET reciclado no solo contribuye a la reducción del impacto ambiental, sino que también fomenta la sostenibilidad y la economía circular en el sector de la construcción, particularmente en la ciudad de Huancayo. Estos hallazgos respaldan el desarrollo de nuestro prototipo, al evidenciar que los residuos plásticos pueden ser reutilizados eficazmente en elementos estructurales sin comprometer su desempeño (Silva et al., 2021).

El estudio respalda la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de materiales reciclados en la construcción, lo cual resulta fundamental para tu proyecto de fabricación de vigas ecológicas. Finalmente, este proyecto propone el desarrollo de un prototipo de sistema hidráulico para la fabricación de vigas ecológicas, en la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), utilizando presiones elevadas entre 20 y 35 MPa sobre materiales reciclados, se crearán bloques sólidos y homogéneos, contribuyendo tanto a la innovación académica como a la sostenibilidad.

Formulación del problema de investigación.

Figura 1:

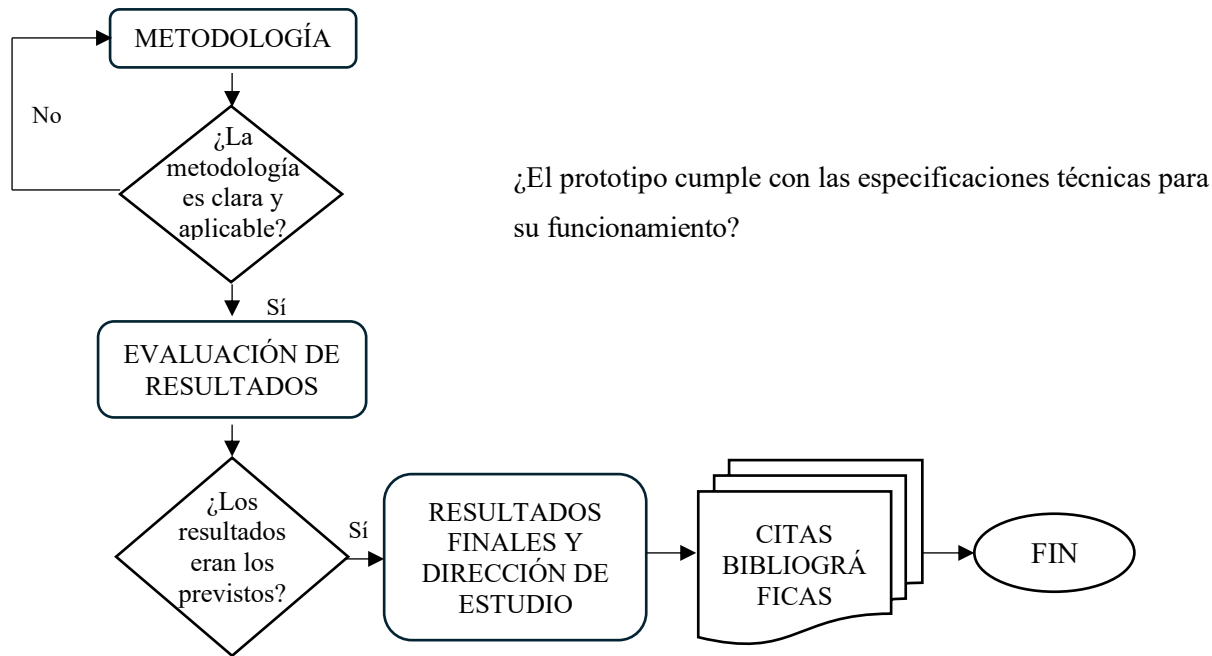
Flujograma del problema de investigación.



¿La fabricación del prototipo hidráulico permitirá reutilizar los desechos plásticos para reducir el impacto ambiental?

¿Existe una base teórica, como la sustentada en estudios sobre materiales reciclados, que respalde la propuesta de fabricación del prototipo para vigas ecológicas?

¿Existe la metodología adecuada para la fabricación del prototipo?



Nota: Elaborado por los autores adaptado a Silva et al., 2021.

Planteamiento del problema.

A nivel global, la industria maderera enfrenta serios desafíos debido a la sobreexplotación de recursos forestales, la creciente demanda de productos derivados de la madera y la deforestación acelerada, que ha provocado la pérdida de biodiversidad y el aumento de las emisiones de carbono (Antonio et al, 2023). Estas problemáticas afectan directamente la sostenibilidad de los ecosistemas forestales y agravan la vulnerabilidad ambiental frente al cambio climático. De acuerdo con el Banco Mundial, cada año se pierden 10 millones de hectáreas de bosques a nivel mundial, lo que agrava las emisiones globales de gases de efecto invernadero (Gamio et al, 2022).

En América Latina, en particular la región amazónica, la deforestación ha alcanzado niveles alarmantes, convirtiéndola en un punto crítico de pérdida forestal, con una reducción estimada de alrededor del 17% de su cobertura original de deforestación debido a la explotación maderera, la expansión agrícola y urbana. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en la Amazonía se pierden 2,3 millones de hectáreas de bosques al año, afectando gravemente su biodiversidad y el equilibrio climático regional (Lipp, 2024). Países como Brasil, Perú y Ecuador están en el centro de este conflicto, donde se busca equilibrar el crecimiento económico con la conservación ambiental.

En este contexto, la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) tiene la oportunidad de liderar proyectos de investigación y desarrollo enfocados en soluciones sostenibles para la industria maderera local. La implementación de un sistema de compresión hidráulica para la fabricación de vigas ecológica es una respuesta directa a los problemas de explotación de recursos naturales en Ecuador, de manera que la tecnología permite procesar materiales reciclados, produciendo bloques ecológica que pueden reemplazar a lo convencional (Campos, 2024). Sin embargo, para que este prototipo sea efectivo, es esencial abordar las variaciones en la calidad de los materiales reciclados y adaptar el sistema de compresión para lograr resultados consistentes.

Aunque se han logrado avances en el uso de materiales reciclados en la construcción, aún persisten desafíos significativos. La calidad, la uniformidad y la viabilidad económica de estos productos continúan siendo aspectos críticos. Además, la industria enfrenta dificultades para adoptar nuevos métodos de producción, especialmente cuando implican cambios técnicos o requieren una inversión inicial considerable, lo que retrasa la incorporación de alternativas más sostenibles. En este contexto, resulta fundamental optimizar la calidad y consistencia de los materiales reciclados, garantizar su desempeño estructural y asegurar su rentabilidad, con el fin de fomentar su adopción a mayor escala en el sector de la construcción.

Alcance de la Investigación.

El estudio está enfocado en el diseño, elaboración y verificación de un prototipo de un sistema hidráulico, cuya finalidad es la producción de vigas ecológicas, en la Unidad de Prácticas de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Para su apropiada construcción, primeramente, se realizará un diagnóstico inicial en el que se evaluarán los criterios técnicos y los materiales de que se dispone; posteriormente se elaborará el plan de diseño de acuerdo al modelo de Libardo Vicente Vanegas Useche, que incluye las alternativas exploradas, la generación de ideas y el modo de construir el sistema hidráulico.

Seguido de esto, se lleva a cabo la fabricación y ensayos del prototipo en cuestión, teniendo como objetivo la verificación de su funcionamiento y eficiencia en el control de los materiales reciclados, que fundamentalmente provendrán de plástico. Se utilizarán herramientas tales como software de CAD, análisis estructural o de prototipos, etc., que permiten la mejora del diseño para la validación de la viabilidad técnica y respetuosa con el medioambiente del prototipo en cuestión.

Finalizada la fabricación y verificación del prototipo se evaluará este en cuanto a la producción de vigas ecológicas con criterios de sostenibilidad o para la reducción del impacto medioambiental en la producción del prototipo en cuestión. En función de los resultados obtenidos se establecerán recomendaciones para su posible aplicación y mejora de procesos de fabricación sostenible de la academia a las empresas productivas.

Limitaciones.

La investigación se limita a la fase de prototipado y pruebas a escala de laboratorio, sin abordar la producción industrial masiva ni la comercialización del equipo. No se consideran análisis de ciclo de vida completo ni estudios de mercado, centrándose exclusivamente en la viabilidad técnica y operativa del diseño.

Justificación de la investigación.

Este proyecto tiene una justificación sólida en el contexto actual, donde la sostenibilidad y el uso eficiente de recursos reciclados son temas prioritarios en la industria y la academia. La fabricación de vigas ecológicas mediante un prototipo de compresión hidráulica representa una iniciativa innovadora que aporta soluciones a varios problemas ambientales, sociales y económicos.

La creciente acumulación de residuos plásticos y otros materiales no biodegradables plantea un reto ambiental considerable en la Península de Santa Elena y en muchas regiones del mundo. Este proyecto propone una solución efectiva al problema mediante la fabricación de madera ecológica a partir de materiales reciclados, promoviendo la economía circular y reduciendo la dependencia de recursos naturales no renovables (Babaremu et al, 2022).

OBJETIVOS.

Objetivo general.

Construir un prototipo hidráulico para la fabricación de vigas ecológicas mediante compresión del sistema hidráulico para la unidad de prácticas de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Objetivo específico.

OE1: Analizar mediante una revisión de la literatura la relación entre las variables de prototipo hidráulico y fabricación de vigas ecológicas para el diseño eficiente del prototipo hidráulico.

OE2: Implementar el prototipo hidráulico en la unidad de prácticas considerando criterios de seguridad y facilidad de operación para su uso educativo y productivo, mediante un marco metodológico adecuado del diseño mecánico.

OE3: Evaluar el desempeño del prototipo mediante la medición de tiempos de trabajo y la fabricación con materiales ecológicos, promoviendo la sostenibilidad ambiental con la utilización de materiales reciclados para la verificación de su óptimo funcionamiento.

Esquema estructural.

La investigación se resume en este esquema que proporciona una visión general de la estructura, los objetivos, las metodologías y los resultados del estudio.

Capítulo I: Introduce el proyecto de investigación y sus objetivos. Examina la literatura pertinente y subraya la relevancia de la investigación. Formula las preguntas de investigación, las hipótesis y el alcance. Define una orientación precisa para la investigación.

Capítulo II: Explica el diseño y las metodologías de investigación empleadas. Detalla los procedimientos de recolección de datos y las técnicas utilizadas. Analiza la estrategia de muestreo y el enfoque para el análisis de datos.

Capítulo III: Expone los resultados del estudio, abarcando hallazgos y datos. Discute las implicaciones de los hallazgos y su significado. Extrae conclusiones y hace recomendaciones basadas en los resultados.

Hipótesis: Hipótesis nula (H_0): La implementación del prototipo hidráulico no mejora significativamente la eficiencia del proceso de viga ecológica en la unidad de prácticas de Ingeniería industrial. Hipótesis alternativa (H_1): La implementación del prototipo hidráulico mejora significativamente la eficiencia del proceso de viga ecológica en la unidad de prácticas de Ingeniería industrial.

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos.

A nivel internacional, los sistemas de compresión hidráulica han sido ampliamente utilizados en la fabricación de productos a partir de materiales reciclados, demostrando su eficacia en la reutilización de desechos y en la producción de materiales sostenibles. Un estudio llevado a cabo en Brasil destaca el uso de un sistema hidráulico para la fabricación de ladrillos a partir de residuos plásticos (Silva et al., 2021). Este proyecto logró optimizar el consumo energético, demostrando que la tecnología hidráulica es efectiva para transformar materiales reciclados en productos de alta calidad.

Por su parte, en Perú, se han desarrollado prototipos de compresión hidráulica para la fabricación de madera ecológica a partir de plásticos reciclados. Se elaboró un proyecto enfocado en la producción de ladrillo ecológico tipo Brickarp, el cual mostró propiedades mecánicas adecuadas para el uso en la industria de la construcción, así como una considerable reducción en los costos de fabricación (Lamba et al., 2024). Este enfoque permitió disminuir el impacto ambiental al reutilizar grandes volúmenes de plásticos que, de otro modo, habrían sido desechados, al tiempo que se generaban materiales duraderos y ecológicos.

A nivel académico, universidades han jugado un papel importante en el desarrollo de prototipos de compresión hidráulica. En la universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, se desarrolló un prototipo hidráulico para la fabricación de tapas de alcantarilla y postes de alumbrado utilizando plásticos reciclados (Pino et al, 2020). Este proyecto mostró resultados prometedores en cuanto a la viabilidad económica y técnica del uso de sistemas hidráulicos para transformar residuos en productos de alto valor agregado. Los investigadores concluyeron que la tecnología no solo es escalable, sino que también puede integrarse fácilmente en talleres y laboratorios industriales universitarios.

En Ecuador, estudios han señalado la importancia de la adopción de estas tecnologías en la industria para mejorar la sostenibilidad, particularmente en el tratamiento de desechos plásticos (Ardusso et al., 2021). Mediante el uso de aproximadamente 150 botellas de 3 litros trituradas, logró producir bloques con dimensiones estándar y distintos porcentajes de PET triturado, que

oscilaban entre el 1% y el 25%. A través de ensayos de compresión simple, se evaluó la resistencia de cada prototipo, concluyendo que los bloques con un 4,2% de plástico triturado ofrecen la resistencia deseada, cumpliendo con las normativas técnicas establecidas.

1.2.Estado del arte.

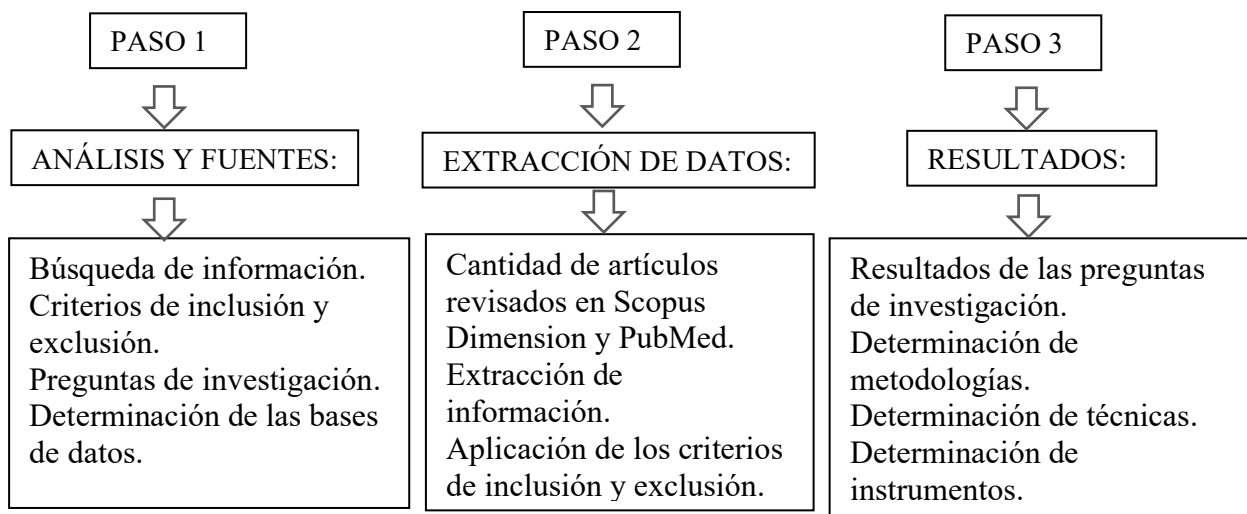
Según el análisis de Sánchez et al., (2021) se reconoce como un elemento esencial en un proyecto o investigación el objetivo de comprender los resultados de un proceso de investigación. Este proceso está diseñado para abarcar el desarrollo del conocimiento en un área de interés científico, permitiendo la creación de un inventario bibliográfico que defina las tendencias para generar conocimiento dentro del ámbito educativo.

Análisis bibliométrico.

De este modo, el método que facilitó la recopilación de información para esta investigación fue el análisis bibliométrico, una herramienta que emplea una combinación de métodos estadísticos y cualitativos. Este enfoque se basa en un modelo de conceptualización bibliográfica de las publicaciones globales sobre el tema “Vigas ecológicas” con el fin de analizar el contexto de una investigación y la búsqueda de textos similares (Sánchez et al., 2021). En la figura 2 se detallan las secuencias de los análisis bibliométricos.

Figura 2.

Secuencias del análisis bibliométrico.



Nota: Elaborado en base a (Guerrero et al., 2024)

Paso I: Análisis y fuentes.

La información bibliográfica se recopiló de Scopus, Dimensions y PubMed ya que se trata de unos de los repositorios bibliográficos más importantes a nivel mundial (Zhu et al, 2020), de este modo, en este trabajo de titulación se incorpora una revisión de la literatura a través del método de análisis bibliométrico, lo que permitió desarrollar los fundamentos teóricos que respaldan a la investigación. La cuarta revolución industrial impulsa la integración de la sostenibilidad y la optimización de recursos en la construcción. El mapeo del flujo de valor permite identificar áreas de mejora y optimizar el uso de materiales y equipos (Lorena et al., 2024).

Búsqueda de información.

La recopilación de información se llevó a cabo mediante preguntas orientadas, con el objetivo de obtener datos para realizar el análisis bibliométrico de las publicaciones a nivel global. La Tabla 1 presenta los criterios de inclusión y exclusión basados en los factores de periodo, tipo de documento, relevancia y el idioma, los cuales se aplicaron después de haber seleccionado las bases de datos para la recolección de información en relación con el estudio de investigación.

Criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 1.

Criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda bibliográfica.

Criterio	Inclusión	Exclusión
Período	Desde 2020 hasta 2025.	Publicaciones predecesoras al año 2020.
Tipo de documento	Artículos científicos.	Ponencias, revisiones, libros, tesis, cartas o editoriales.
Pertinencia	Tratamiento de vigas ecológicas, vigas ambientales y vigas sostenibles.	Otras temáticas no relacionadas.
Idioma	Publicaciones en los idiomas inglés y español.	Publicaciones que no pertenezcan a los idiomas.

Nota. Elaborado por los autores.

Preguntas de investigación

En la Tabla 2 se presentan las preguntas de investigación utilizadas en el análisis bibliométrico, las cuales permitieron estructurar el enfoque del estudio y evaluar la evolución científica del tema en los últimos años. Estas preguntas facilitaron la identificación de tendencias generales en la producción científica, como la evolución de publicaciones, áreas de conocimiento, y colaboración entre autores y países.

Tabla 2.

Preguntas orientadas a Prototipo de vigas ecológica.

Prototipo de vigas ecológicas	
Pregunta de investigación 1	¿Cuál es el número de palabras clave encontradas en los artículos?
Pregunta de investigación 2	¿Cómo se distribuye la participación de los autores en cuanto al número de publicaciones?
Pregunta de investigación 3	¿Cuál es la relación entre la cantidad de revistas y el número de publicaciones?
Pregunta de investigación 4	¿Qué áreas de conocimiento están asociadas con el número de publicaciones?
Pregunta de investigación 5	¿Cuál es la tendencia de publicaciones de artículos por año?
Pregunta de investigación 6	¿Cuál es la relación entre los países y el número de publicaciones?

Nota. Elaborado por los autores.

Determinación de las bases de datos.

Para la búsqueda de información se usaron las variables de estudio (prototipo hidráulico y viga ecológicas) en las bases de datos Scopus, Dimensions y PubMed demarcados a nivel mundial, período de análisis (2020-2024) y el tipo de documentos sobresalientes (artículos científicos). Específicamente el código utilizado para la búsqueda de los términos relevantes (“beam”, “recycled”, “plastic” y “compression”) se ejecutó en los títulos (TITLE), resúmenes (ABSTRACT)

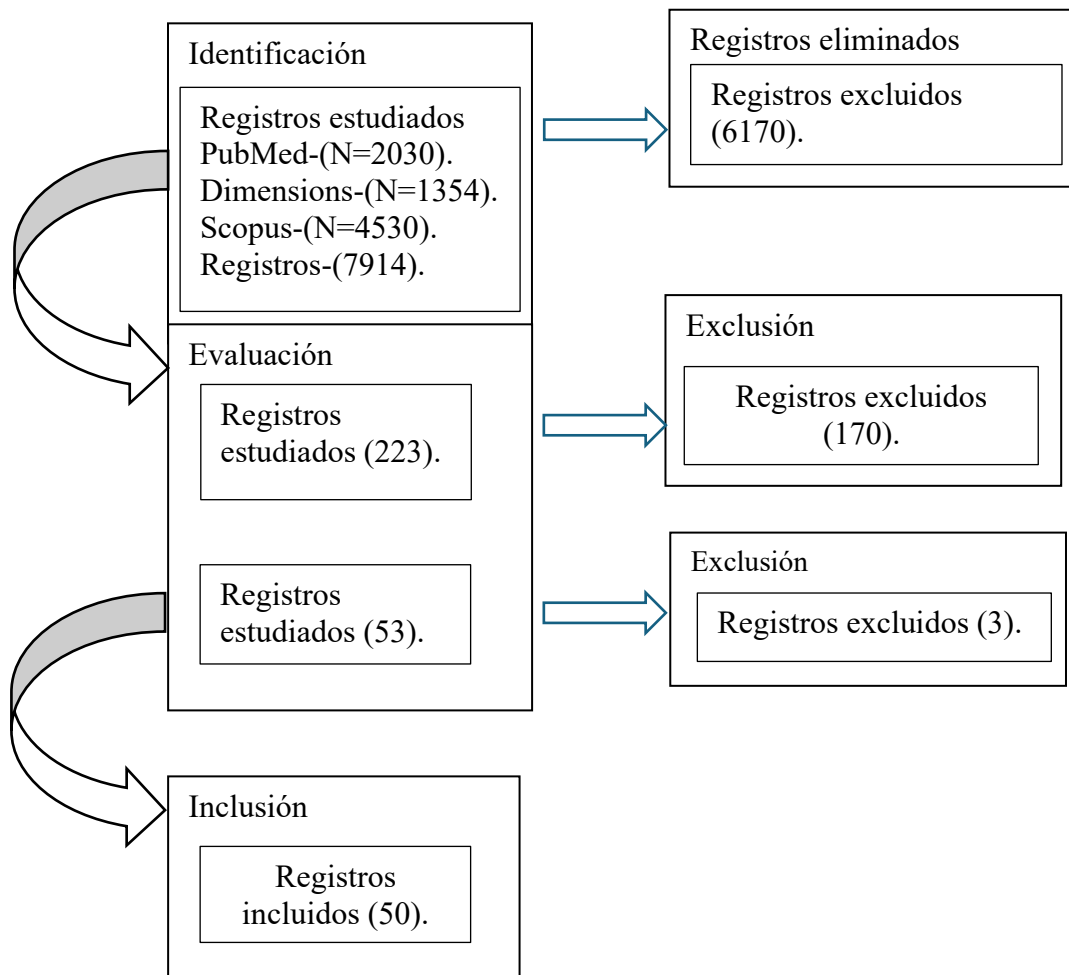
y palabras claves (KEYWORDS) precisamente de artículos científicos (DOCTYPE) y establecido a los años seleccionados (PUBYEAR) en los idiomas inglés y español.

Paso 2: Extracción de datos.

En la Figura 3 se evidencia el proceso mediante el cual se seleccionaron los estudios para el análisis bibliométrico, determinando 4530 de artículos en Scopus , 2030 en Dimensions y 1354 en PubMed donde existió un duplicado de 1112 artículos, contando con 223 artículos para su examinación, haciendo válidos los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos se excluyeron 170 artículos, así mismo en el proceso de evaluación se excluyeron 3 artículos, dejando 50 con contenido adecuado para llevar a cabo el estudio, siguiendo los parámetros esenciales.

Figura 3.

Estudios para el proceso de investigación.



Nota. Elaborado por los autores.

Paso 3: Resultados.

Este apartado se enfocó en responder las preguntas de investigación relacionadas con el análisis bibliométrico, con el fin de interpretar los resultados en función de la producción científica sobre el tema de estudio.

Resolución de preguntas de investigación.

Pregunta de investigación 1. ¿Cuál es el número de palabras clave encontradas en los artículos?

Tabla 3.

Palabras claves de las bases de datos Scopus, Scielo y Dimensions.

Scopus			
Nº	Palabras clave	Citación	Fuerza del enlace
1	Hydraulics	Smith et al., 2020	200
2	Water Supply	Johnson & Lee, 2019	155
3	Computational Fluid Dynamics	Brown et al., 2021	145
4	Heat Transfer	García & Kim, 2018	135
PubMed			
Nº	Palabras clave	Citación	Fuerza del enlace
1	Sustainable	(Maroneze et al., 2020)	30
2	Machine learning	(Castillo et al., 2024)	15
3	Soil hydraulic conductance	(Macías et al., 2022)	11
Dimensions			
Nº	Palabras clave	Citación	Fuerza del enlace
1	Prototype development	(Pino et al, 2020)	220
2	Structural engineering	(Carpio et al, 2024)	207
3	Mechanical properties	(Han et al., 2025)	5

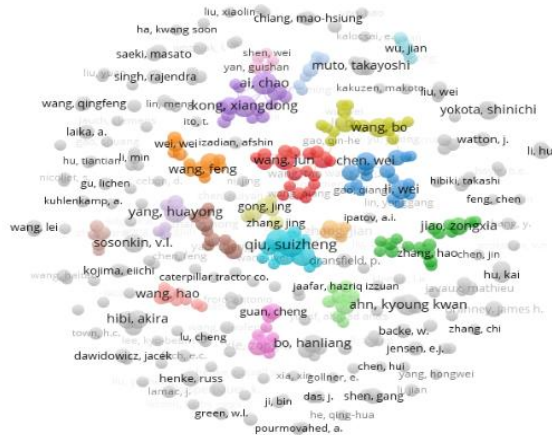
Nota. Elaborado por los autores

En la Tabla 3 se recopilan 10 palabras clave provenientes de las bases de datos Scopus, PubMed y Dimensions, donde se observa que Scopus incluye cuatro términos relevantes como *Hydraulics* y *Water Supply*, los cuales presentan una alta fuerza de enlace. Por su parte, PubMed

aporta tres palabras clave, entre ellas *Sustainable*, que destaca por su frecuencia de citación. Asimismo, *Dimensions* incorpora tres términos adicionales, siendo *Prototype development* el más fuerte en enlace con un valor de 220, superando a los demás.

Figura 4.

Principales palabras clave del análisis bibliométrico Scopus.

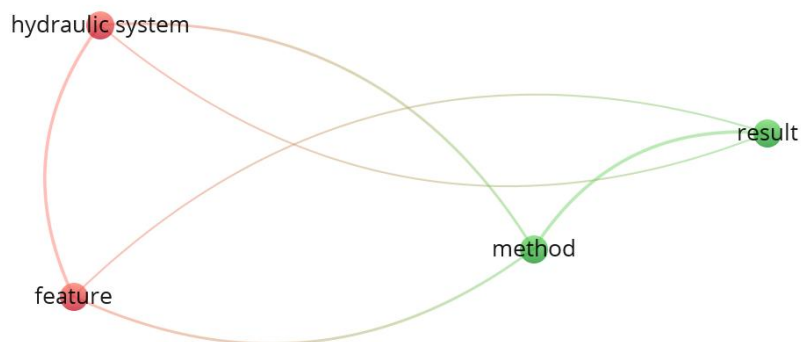


Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software VOSviewer.

La Figura 4 muestra que las palabras clave más frecuentes en Scopus, como "Sustainable", "Machine learning" y "Soil hydraulic conductance", se relacionan directamente con el análisis y optimización de sistemas hidráulicos, evidenciando un enfoque creciente en la sostenibilidad y la modelación del comportamiento del suelo dentro de estos sistemas.

Figura 5.

Principales palabras clave del análisis bibliométrico PubMed.

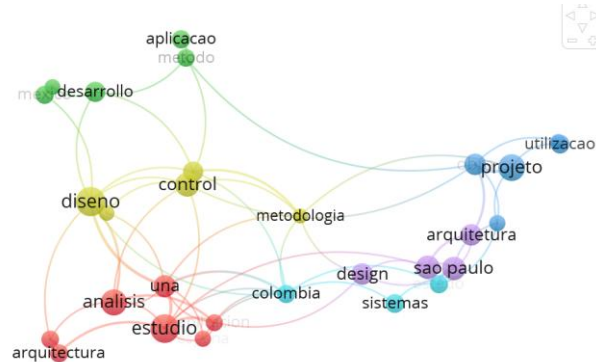


Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software VOSviewer.

La Figura 5 presenta las palabras clave más relevantes en PubMed, donde destacan hydraulic system y feature, lo que indica un fuerte interés en el sistema hidráulico, clave para la implementación de soluciones.

Figura 6.

Principales palabras clave del análisis bibliométrico Dimensions.



Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software VOSviewer.

La Figura 6 presenta las palabras clave más relevantes en Dimensions, donde destacan "Prototype development" (220) y "Structural engineering" (207), lo que indica un fuerte interés en el diseño y validación de sistemas físicos, clave para la implementación de soluciones hidráulicas.

Pregunta de investigación 2. ¿Cómo se contribuye la participación de los autores al número de publicaciones?

En la Tabla 4 la base de datos Scopus presenta 5 autores de los cuales Qui suizheng, y Wang Jun., son los más destacados.

Tabla 4.

Autores principales de las bases de datos Scopus.

Scopus			
Nº	Autores principales	Citación	Fuerza del enlace
1	Qui suizheng	205	198
2	Wang Jun	180	175
3	Wan wei	179	180

Nota: Elaborado por los autores.

En la Tabla 5 la base de datos PubMed presenta autores de los cuales Oliveira, Rafael y Meir, Patrick, estos investigadores conforman un núcleo de referencia en estudios sobre conductancia hidráulica, flujos y sostenibilidad ecológica, aspectos fundamentales en el análisis de sistemas hidráulicos desde una perspectiva biogeoclimática.

Tabla 5.

Autores principales de las bases de datos PubMed.

Nº	Autores principales	Citación	Fuerza del enlace
1	Oliveira, Rafael	195	170
2	Meir, Patrick	180	100
3	Cernusak, Lucas A	170	106
4	Mencuccini, Maurizio	160	105
5	Bradford, Matt	150	101

Nota. Elaborado por los autores.

En la Tabla 6 la base de datos Dimensions presenta 5 autores de los cuales Güneralp, Burak y Marcotullio, Peter, estos autores representan núcleos clave en las investigaciones relacionadas con sostenibilidad urbana y dinámicas ambientales, todos temas relevantes para los sistemas hidráulicos en contextos urbanos y resilientes.

Tabla 6.

Autores principales de las bases de datos Dimensions.

Nº	Autores principales	Citación	Fuerza del enlace
1	Güneralp, Burak	198	190
2	Marcotullio, Peter	187	180
3	McDonald, Robert I.	169	168
4	Wilkinson, Cathy	153	151
5	Seto, Karen C.	142	139

Nota. Elaborado por los autores.

En la Figura 7 se presentó la densidad de autores en la base de datos Scopus, señalando que los autores, Qui suizheng, Wang Jun, Wan wei., aportaron una cantidad más alta de estudios respecto al trabajo de investigación, la misma que consiste en datos contextualizados que aumentan el conocimiento.

Figura 7.

Diagrama de red bibliométrica/densidad de Scopus.

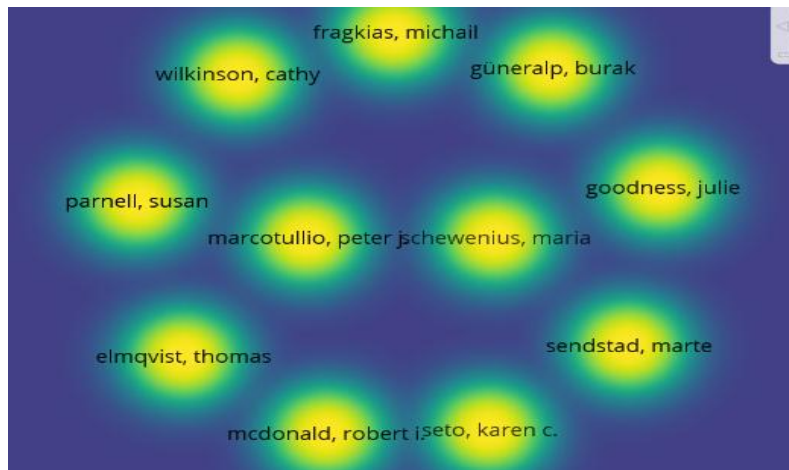


Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software VOSviewer.

En la Figura 8, correspondiente a la base de datos Dimensions, se evidencia una alta densidad de producción científica en torno a los autores Güneralp, Burak y Marcotullio, Peter. Ambos destacan por sus contribuciones significativas en temas vinculados al desarrollo sostenible y planificación.

Figura 8.

Diagrama de red bibliométrica/densidad de Dimensions.

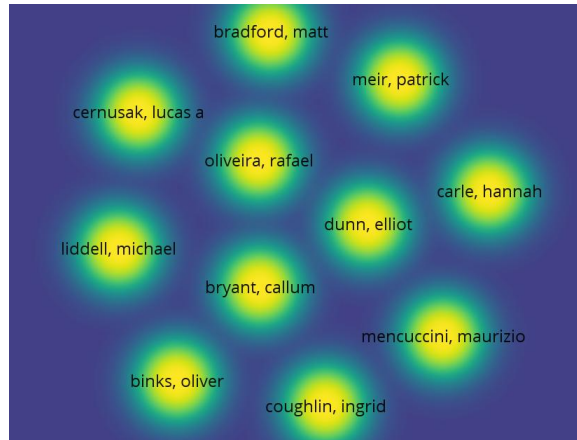


Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software VOSviewer.

En la Figura 9, correspondiente a la base de datos PubMed, se evidencia una alta densidad de producción científica en torno a los autores Oliveira, Rafael y Meir, Patrick, aportando una base sólida de conocimientos aplicables al análisis de sistemas hidráulicos.

Figura 9.

Diagrama de red bibliométrica/densidad de PubMed.



Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software VOSviewer.

Pregunta de investigación 3. ¿Cuál es la relación entre la cantidad de revistas y el número de publicaciones?

La tabla 7 muestra la distribución de artículos en diversas áreas de la hidráulica, destacando que el mayor enfoque de investigación se centra en temas generales como Hydraulics y Hydraulic Equipment, con 5 y 4 artículos respectivamente.

Tabla 7.

Tendencia de publicaciones en Scopus.

Categoría	Número de Publicaciones
Hydraulics	5
Hydraulic Equipment	4
Hydraulic Machinery	4
Hydraulic Conductivity	3

Nota. Elaborado por los autores.

La tabla 8 detalla el comportamiento del término "Soil hydraulic conductance", que presenta un total de 134 publicaciones, por lo que ha sido excluido de la tabla para evitar redundancias.

Tabla 8.

Tendencia de publicaciones en PubMed.

Categoría	Número de publicaciones
Soil Hydraulic Conductance	134
Machine Learning	200
Sustainable	140
Heat Transfer	135
Hydraulics	200

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 9 se detallan la tendencia de publicaciones revela una clara orientación hacia temas que combinan tecnología avanzada, sostenibilidad y procesos físico-mecánicos aplicados a la ingeniería y las ciencias del agua.

Tabla 9.

Tendencia de publicaciones en Dimensions.

Categoría	Número de Publicaciones
Heat Transfer	135
Computational Fluid Dynamics	145
Water Supply	155
Hydraulics	200
Mechanical Properties	89
Structural Engineering	79
Prototype Development	80

Nota. Elaborado por los autores.

Pregunta de investigación 4. ¿Cuáles son las áreas de conocimientos en relación con el número de publicaciones?

La tabla 10 muestra la distribución de publicaciones en diversas áreas del conocimiento relacionadas con el desarrollo de un prototipo hidráulico para fabricar vigas ecológicas. Se observa que la Ingeniería es el campo con mayor cantidad de publicaciones.

Tabla 10.

Tendencia de publicaciones en Scopus por áreas de conocimientos.

Área del conocimiento	Frecuencia
Ingeniería	30
Ciencias Ambientales	15
Ciencias de los Materiales	12
Energía	12
Ciencias de la Tierra y Planetarias	11

Nota. Elaborado por los autores.

La Tabla 11 muestra la distribución de publicaciones en PubMed en el cual se observa que la Bioingeniería es el campo con mayor cantidad de publicaciones.

Tabla 11.

Tendencia de publicaciones en Pubmed por áreas de conocimientos.

Área temática	Frecuencia
Bioingeniería / Ingeniería	60
Biomédica	
Hidráulica Médica y Biomecánica	55
Materiales Sostenibles (Biomateriales)	54
Salud Ambiental / Ecotoxicología	12

Nota. Elaborado por los autores.

La tabla 12 muestra la distribución de publicaciones en diversas áreas del conocimiento relacionadas con el desarrollo de un prototipo hidráulico para fabricar vigas ecológicas. Se observa que la Mecánica de fluidos es el campo con mayor cantidad de publicaciones 60.

Tabla 12.

Tendencia de publicaciones en Dimensiones por áreas de conocimientos.

Área temática	Frecuencia
Prototipos hidráulicos / Mecánica de fluidos	30
Diseño ecológico e innovación	23
Ingeniería civil / estructural	20
Energía y medio ambiente	12
Materiales sostenibles	12

Nota. Elaborado por los autores.

Pregunta de investigación 5. ¿Cuál es la tendencia de publicaciones de artículos por año?

En la tabla 13,14 y 15 se observa el total de publicaciones en el período 2020-2025. La mayor cantidad de investigaciones se presentó en 2023 y 2025, evidenciando un aumento en la producción científica tras algunas variaciones en años anteriores.

Tabla 13.

Evolución de los artículos de Scopus en los últimos 5 años.

Año	Total de publicaciones
2020	6
2021	1
2022	9
2023	21
2024	8
2025	20

Nota. Elaborado por los autores.

Tabla 14.*Evolución de los artículos de PubMed en los últimos 5 años.*

Año	Total de publicaciones
2020	26
2021	30
2023	37
2024	40
2025	2

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 15 se muestra la variación anual en el número de artículos registrados en PubMed entre 2020 y 2025. Se observa un crecimiento sostenido desde 26 artículos en 2020 hasta un máximo de 40 en 2024. Sin embargo, en 2025 se evidencia una caída drástica hasta solo 2 publicaciones.

Tabla 15.*Evolución de los artículos de Dimensions en los últimos 5 años.*

Año	Total de publicaciones
2020	12
2021	25
2023	26
2024	30
2025	1

Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta de investigación 6. ¿Cuál es la proporción de países en relación con el número de publicaciones?

La tabla 16 muestra el ranking de países con el mayor número de publicaciones según Scopus, Dimesions y PubMed respectivamente, este ranking refleja la distribución de publicaciones entre los países más representativos en el área de estudio.

Tabla 16.
Evolución de las publicaciones por países.

Scopus	
País	Frecuencia
Alemania	12
Reino Unido	11
India	6
Estados Unidos	5
Porcelana	5
PubMed	
País	Frecuencia
Túnez	20
Líbano	22
Jordania	11
Arabia Saudita	3
Kuwait	4
Dimensions	
País	Frecuencia
China	18
Brasil	4
Marruecos	6
Rusia	5
Polonia	2

Nota: Elaborado por los autores.

En la Tabla 17 se presentan los 223 artículos seleccionados durante el proceso de inclusión y exclusión. De estos, se identificaron 50 artículos relevantes para las variables de estudio y las palabras clave de la investigación. Estos artículos, que se detallan en la Tabla 5, proporcionan un análisis específico de los métodos utilizados por los autores en el estudio de las variables del trabajo de investigación, destacando los enfoques más comunes, las técnicas de recolección de datos y los modelos analíticos aplicados.

Tabla 17.*Matriz de artículos relacionados.*

N°	Título	Autor	Metodología	Técnica	Instrumento	Resultados
1	Evaluación de la eficiencia en disipación de energía en estructuras hidráulicas construidas con gaviones y material reciclado.	(Ayala et al., 2020).	Modelos a escala reducida, estructuras hidráulicas y mediciones gravimétricas.	Observación directa.	Equipo de aforo, reglas o medidores de altura y cámaras.	El estudio demostró un ahorro de costos del 18.5% al utilizar neumático en lugar de concreto.
2	La economía circular y su impacto en el plan de estudio de ingeniería industrial. ¿Cambio puntual o transversal?	(Bello et al., 2022).	Aprendizaje experiencial.	Observación directa.	Logística inversa, 9R, servitización.	Disminuyó costos operativos hasta un 20%, y aumentado la competitividad en un 15%.
3	Modelación múltiple para la optimización en el diseño de estructuras aporticadas de acero y concreto armado.	(Maldonado et al., 2024).	Optimización múltiple.	Analítica.	Simulaciones, normativas AISC, ACI, ASCE/SEI y NEC y parámetros técnicos.	Los pórticos arriostrados de acero (PEAC) son más eficientes y sostenibles que los pórticos de momento en hormigón armado.
4	Modelo Integrado de Valor para Estructuras Sostenibles.	(Núñez et al, 2023).	Ponderación, calificación, cálculo, análisis.	Analítica.	Árboles jerárquicos, indicadores, software y modelos matemáticos.	El modelo facilita la evaluación sostenible de infraestructuras industriales, integrando aspectos ambientales, económicos y sociales.

5	Optimización del hormigón ecológico con áridos gruesos reciclados y partículas de caucho.	(Agrawal et al., 2024).	Se utilizó la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) para la optimización de ARC y PR.	Observación directa.	Ensayos de trabajabilidad, densidad, propiedades mecánicas y durabilidad.	La mezcla con 60% de RCA y 10% de RP mostró resultados satisfactorios, con una resistencia a la compresión de 40.18 MPa.
6	Mapeo de Carbono en rodales de Pino-Encino bajo manejo forestal en el sur de México.	(Ambrosio et al., 2023).	Análisis de imágenes satelitales.	Observación directa.	GPS, clinómetro, cinta diamétrica, taladro de Pressler, balanza analítica, estufa de secado, espectrómetro.	El área con el tratamiento silvícola de Aclareo Libre (FT) mostró la mayor acumulación de TB (140 t ha ⁻¹) y C (63 t ha ⁻¹).
7	Impacto de la Deforestación en la Pérdida del Hábitat de Vida Silvestre Amenazada en la Amazonía.	(Samamé et al, 2023).	Análisis documental de fuentes secundarias (SERFOR, MINAM).	Descriptiva.	Compilación y análisis de información documental.	La deforestación en la Amazonía peruana muestra una tendencia creciente debido a actividades antrópicas y cambio climático.
8	Análisis del impacto de la pandemia de COVID-19 en la contaminación por textiles plásticos en playas y costas de Sudamérica.	(Ardusso et al., 2021).	Revisión de literatura científica.	Observación directa.	Recopilación de datos de estudios preexistentes, informes de organizaciones y artículos científicos.	Se estima que los residuos plásticos aumentaron entre un 8% y un 12% en países de ingresos medios y altos de Sudamérica.

9	Evaluación de la eficiencia en disipación de energía en estructuras hidráulicas construidas con gaviones y material reciclado.	(Maroneze et al., 2020).	Modelamiento físico y simulación.	Observación directa.	Aforo de caudal por método gravimétrico, medición de altura.	La incorporación de gaviones y neumáticos usados en estructuras hidráulicas conserva el tipo de flujo y la disipación de energía supera el 92%.
10	Gestión sostenible de residuos plásticos en una economía circular.	(Babaremu et al., 2022).	Revisión de literatura.	Descriptiva y analítica.	Bases de datos e informes académicos.	Aproximadamente entre el 9 % y el 10 % de los plásticos se reciclan anualmente, alrededor del 10 % se incinera.
11	Priorizar la conservación de la selva amazónica: evaluación de la biomasa potencial ante el cambio climático.	(Campos et al., 2024).	Modelos climáticos, regresión, análisis.	Descriptivo, analítico y observación directa.	Datos LiDAR del GEDI, variables climáticas de WorldClim y modelos GCMs de CMIP6.	Las Tierras Indígenas presentan el mayor potencial de incremento de biomasa en ambos casos, con un aumento promedio proyectado del 15-20%.
12	Diseño de una nueva arquitectura de materiales para el sector de la madera.	(Castro et al., 2022).	Se realizaron análisis biónicos, experimentación con residuos industriales y desarrollo de prototipos.	Descriptivo, analítico y observación directa.	Formaldehído y métodos de análisis morfológico y prototipado.	Se lograron prototipos iniciales con residuos de Pinus radiata, evidenciando potencial para reducir el impacto ambiental.

13	Análisis de las características mecánicas de un muro marco plataforma de madera de eucalipto, sin carga vertical.	(Cayambe et al, 2024).	Se realizaron ensayos cíclicos y monotónicos siguiendo las normativas ASTM E2126 y ASTM E564.	Descriptivo, analítico y observación directa.	Celdas de carga transductores LVDT para medición del desplazamiento y placas Hold Down y tornillos galvanizados para ensamblaje.	El muro alcanzó una fuerza máxima de 243.10 kN con un desplazamiento de 24.74 mm en el ensayo monotónico.
14	Barreras para la introducción de madera maciza en la construcción en Ecuador – Estudio exploratorio.	(Fuentes et al., 2023).	Cuestionario.	Descriptivo y analítico.	Se utilizó un cuestionario para realizar 10 entrevistas a profesionales de la construcción.	El estudio identificó las barreras percibidas para la introducción de la construcción con madera maciza en Ecuador.
15	Concreto Modificado con Vidrio Molido Reciclado	(Galvis et al, 2023)	Ensayos de laboratorio	Descriptivo, analítico y observación directa	Máquina de ensayos de compresión, equipo para ensayos de flexión,	Se realizaron ensayos a compresión y flexión de cilindros de concreto con y sin adición de vidrio molido.
16	Pandemia, Cambio Climático y el Perú: Desafíos y perspectivas de la situación ambiental en el Perú.	(Gamio et al, 2022).	Análisis documental y revisión bibliográfica.	Analítico-descriptivo.	Revisión de informes, leyes, artículos científicos y documentos oficiales.	El estudio revela una falta de acciones efectivas frente a los compromisos internacionales sobre cambio climático.

17	Uso de los simuladores y modelos computacionales en el aprendizaje de la ingeniería.	(García et al., 2024).	Revisión bibliográfica.	Analítico-descriptivo.	Revisión documental de artículos científicos.	La integración de simuladores y modelos computacionales.
18	Diseño de prensa hidráulica para reciclar polietileno de alta densidad (HDPE) en forma de placas.	(González et al., 2022).	Análisis de presiones y temperaturas.	Analítico-descriptivo.	Software SolidWorks y Cálculos de ingeniería.	Se diseñó una prensa con una fuerza de cierre de hasta 676 KN.
19	Evaluación comparativa de vigas reforzadas mediante armaduras electrosoldadas y varillas de PRFV and gfrp bars.	(Hernández et al, 2022).	Comportamiento de vigas de concreto reforzadas con armaduras metálicas electrosoldadas de alta resistencia.	Descriptivo, analítico y observación directa.	Marco de reacción, Viga de distribución y Sensores electrónicos y digitales.	El estudio concluye que el uso de armaduras de PRFV es una alternativa viable a las armaduras metálicas.
20	Máquina de laboratorio que verifica el funcionamiento de un ecualizador de cuerda hidráulico con sensores tensométricos.	(Hrabovský et al., 2024).	Medición, simulación y análisis.	Descriptiva y analítica.	Dispositivo de laboratorio, sensores tensométricos, cables de acero y sistema de medición de presión hidráulica.	Se logró una distribución uniforme de la carga en los cables con una desviación de hasta el 5%.

21	Comprender la intención de los residentes de reciclar residuos plásticos en una megaciudad densamente poblada de una economía emergente.	(Jia et al., 2023).	Teoría del Comportamiento Planeado (TPB).	Observación directa.	Cuestionario estructurado con escala Likert de 7 puntos.	La percepción insuficiente de conocimiento y apoyo político reforzó la intención de reciclar ($\beta = -0.091, p < 0.1$).
22	Comparación de Dos Sistemas Constructivos Empleados en la Construcción de Edificios en la Ciudad de Quito.	(Navarrete et al., 2024).	Método analítico.	Descriptiva y analítica.	Sistema tradicional.	El sistema tradicional obtuvo 15 puntos, destacándose por su menor costo a corto plazo y mejor adaptación a las condiciones locales.
23	Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles.	(Núñez, 2023).	Herramientas matemáticas como el Analytical Hierarchy Process (AHP), ponderación jerárquica, calificación.	Analítico.	Matemáticas de valor, análisis multicriterio, y métodos estadísticos como el AHP.	Aumento del 25% en el uso de materiales reciclados y una reducción del 30% en el consumo energético estimado durante el ciclo de vida del edificio.
24	Alta durabilidad de segmentos de hormigón reforzados con fibras no metálicas (HRFnM).	(Romero et al., 2020).	Campañas experimentales.	Descriptivo, analítico y observación directa.	Ensayos experimentales de propiedades físicas y mecánicas, incluyendo ensayos de flexión.	El estudio demostró la viabilidad de segmentos totalmente reforzados con fibras de polipropileno (10 kg/m ³) y fibras metálicas (40 kg/m ³).

25	Mejora de las Propiedades Mecánicas del Hormigón con Fibras de Origen Artificial-Natural.	(Pérez et al., 2022).	Se realizó una búsqueda de artículos científicos del 2014 al 2021 en bases de datos.	Descriptiva y analítica,	Fichas bibliográficas y matrices de análisis.	Las fibras artificiales más utilizadas son las metálicas.
26	Estudio de la viabilidad del uso de botellas de PET trituradas en la producción de ladrillos ecológicos.	(Silva et al., 2021).	Producción de muestras de ladrillos de suelo-cemento.	Analítico.	Ensayos fisico-químicos para evaluar la resistencia y viabilidad del material.	Se busca verificar la viabilidad de la inclusión de PET sin comprometer la resistencia mecánica del ladrillo ecológico.
27	Análisis de muros de hormigón híbrido sometidos a cargas laterales cíclicas: un enfoque basado en la energía.	(Vara et al, 2024).	Energía, validación, modelos, muros, disipadores.	Analítico.	SAP2000 elementos en capas, elementos de enlace.	Eficacia de los muros híbridos para controlar desplazamientos excesivos con daños limitados.
28	Microplásticos en Ecuador: Una revisión de los desafíos de la evaluación de riesgos ambientales y para la salud	(Vélez et al., 2024).	El estudio es una revisión.	Descriptiva y analítica.	Software de bases de datos.	La mayoría de las formas de MP observadas fueron fragmentos, fibras y películas, con una composición polimérica variable.

29	Análisis de reducción del impacto ambiental con base en la construcción en Steel Framing.	(Yanez et al, 2024).	Enfoque mixto.	Descriptiva.	Recopilación y análisis de datos.	El desperdicio de material se reduce a un 1%, facilitando la separación y reutilización de materiales.
30	La combinación de fertilizantes de liberación lenta y acolchado con película plástica redujo la huella de carbono y mejoró el rendimiento.	(Han et al., 2025).	Diseño experimental.	Observación directa.	Estación meteorológica automática.	Los fertilizantes nitrogenados fueron el principal contribuyente a las emisiones totales de GEI ($\geq 71,97\%$).
31	Selección óptima de la estructura de la trayectoria del flujo del emisor en un sistema de riego por goteo con recurso hídricos inferiores.	(Feng et al., 2025).	Simulaciones numéricas y prueba experimentales de rendimiento hidráulico.	Analítica y descriptiva.	Software, simulaciones y datos experimentales.	El estudio aporta soporte teórico para el diseño de nuevos emisores con mejor resistencia a la obstrucción,
32	Diagnóstico y evaluación de sistema de riego presurizado en la ciudad de Portoviejo, Manabí, Ecuador.	(Sánchez et al., 2024).	Evaluaciones hidráulicas para medir la uniformidad de riego basándose en las normas internacionales.	Observación directa y analítica.	Medición de volúmenes de agua recogidos en pluviómetros para calcular el coeficiente de uniformidad.	La uniformidad de riego fue mayor en sistema riego localizado alcanzando máximo de 93.90%.

33	Análisis hidrológico e hidrodinámico del monumento nacional guayabo y su impacto frente al cambio climático.	(Zamora et al., 2023).	Desarrollo y análisis de la escorrentía en las construcciones hidráulicas.	Observación directa.	Se utilizó tecnología lidar terrestre y aérea para la recolección de datos.	Se propone una zanja de infiltración como solución para acumularla escorrentía y mitigar los problemas de erosión y anegamiento en el sitio.
34	Diseño de un sistema de generación micro hidráulica basado en tornillo de Arquímedes.	(Sánchez et al., 2023).	Construcción de un micro generador hidráulico didáctico que aprovecha la energía cinética del agua para producir energía eléctrica.	Descriptiva.	Se realizaron pruebas utilizando un tanque de almacenamiento de agua y una bomba.	El sistema es capaz de aprovechar un caudal de agua reducido para producir energía limpia renovable.
35	Aplicación de técnicas de minería de datos para determinar un modelo de operación de un turbo generador hidráulico.	(Risco et al., 2022).	La metodología empleada en este estudio se basa en el modelo CRIS-DM.	Observación directa y analítica.	Gráficos de control estadístico, estadísticas de T al cuadrado.	El modelo operativo generado fue efectivo en la detención de funcionamiento anormal del Turbo generador.
36	Alternativa de tratamiento terciario de aguas residuales de humedales de flujo subsuperficial para reutilización agrícola.	(Gutiérrez et al., 2022).	El estudio se realizó en una provincia para realizar investigaciones en la superficie.	Observación directa y descriptiva.	Pruebas realizadas a la salida del frente del humedal de flujo subsuperficial.	La investigación fue crucial para entender a la escala del sistema de tratamiento necesario para la reutilización agrícola efectiva de aguas residuales tratadas.

37	Diseño y construcción de un equipo de soldadura por fricción con sistema láser para la unión del eje de acero ASÍ 1045 aluminio 2017 -T.	(Mullo et al., 2022).	Uso de soldadura por fricción como método para unir materiales diferentes, particularmente acero y aluminio.	Analítica.	Torno convencional y un sistema hidráulico para aplicar fuerza axial.	La zona afectada por el calor muestra refinamiento de grano ligero, que es crítico para las propiedades mecánicas de la junta.
38	Estimación de fugas en tuberías a presión para sistema de agua potable mediante redes neuronales artificiales y epanet.	(Moreno et al., 2021).	Combinación de redes neuronales artificiales y epanet para estimar fugas en tuberías de presión para sistemas de agua potable.	Analítica.	Software epanet e hidrófilo utilizó un bucle anidado en visual Basic Excel.	El estudio demostró que aumentar el número de neuronas y capas ocultas en la red neuronal condujo a la estabilización de la MSE.
39	La tecnología hidráulica en una Hacienda de antiplano potosino durante el Porfiriato.	(Maass, 2021).	Levantamiento topográfico y un levantamiento arquitectónico, así como entrevistas.	Observación directa y descriptiva.	Cinta métrica, fotografías y croquis.	Se documentó un sistema hidráulico revelando un acueducto subterráneo y una Noria de madera.
40	Norias hidráulicas en el regadío histórico de albudete región de Murcia un sistema singular en el Mediterráneo español.	(López et al, 2022).	Trabajo de campo, análisis del paisaje y la red de riego, así como entrevista agricultores.	Observación directa y descriptiva.	Se utilizaron imágenes georreferenciadas y ortografías aéreas para el análisis.	Se evidenció el estado de abandono de los sistemas de elevación y distribución de Aguas en el área de estudio.

41	Diseño hidráulico de sistema de riego para jardines en Cuba.	(Pino et al., 2020).	Diseño, construcción y mantenimiento de sistema de riego.	Analítica y descriptiva.	Tabla de datos técnicos de fabricantes y programas informáticos.	Se establece un método racional para el diseño de sistema de riego en Jardines, garantizando la alta eficiencia y uniformidad en la entrega de agua.
42	Modelo hidráulico virreinal utilizado en el centro histórico de Lima para abastecimiento de agua.	(Gallegos et al., 2024).	Teoría fundamentada en recolección de datos arqueológica del modelo hidráulico.	Observación directa.	Evidencia arqueológica y textos históricos.	Se identificó elementos arquitectónicos que permitieron el abastecimiento de agua.
43	Incidencia del tiempo de retención hidráulica en el plancton de reservorio La chapa Santana boyacá Colombia.	(Herrera et al., 2020).	La metodología del estudio incluye una fase de laboratorio y una fase de campo.	Descriptiva y analítica.	Botellas para la captura de muestras de agua.	Tiempo de retención hidráulica afectó la diversidad y la composición de las comunidades platónicas.
44	Evaluación del comportamiento hidráulico de la red de distribución de agua.	(Moreno et al., 2021).	Definición de la red de estudio teórica, simulación basada en epanet de la red teórica, iteración r y epanet.	Analítica y descriptiva.	Software epanet y r.	El algoritmo desarrollado demostró ser efectivo para el sistema permitiendo un Rango de presión casi igualado.

45	Diseño del sistema de distribución de influentes en unidades de tratamiento de aguas residuales domésticas.	(Macías et al., 2022).	Comparar el valor de diseño actual de los sistemas de distribución en la entrada de unidades de tratamiento de aguas residuales.	Analítica y descriptiva.	Datos de los sistemas de Purificación de agua y metodología de diseño.	Se averiguó que para un número de orificios dado cuanto mayor es el diámetro de la tubería más uniforme es la distribución del flujo.
46	Curva característica a la entrada de un modelo hidráulico tipo alcantarilla.	(Arellano et al., 2020).	Modelo físico diseñado, construido e instrumentado con sensores de bajo costo.	Observación directa y analítica y descriptiva.	Placa Arduino, sensor ultrasónico y probeta graduada.	La curva característica del sistema se ajustó a un polinomio de grado 3 obteniendo en todos los casos una r2 mayor que 0,98.
47	Simulación y evaluación del modelo de gestión de agua pluviales del sistema de drenaje urbano oriental de Cali ante escenarios de variabilidad climática.	(Carvajal et al., 2020).	Análisis de tendencia de precipitación, construcción de ideogramas, extrapolación de la precipitación máxima en 24 horas.	Analítica y descriptiva.	Datos de estaciones plubiográficas y limétricas.	Se encuentra una tendencia positiva en la precipitación máxima en 24 horas la construcción del colector de alivio Oriental es una solución temporal para mitigar inundaciones.
48	Comportamiento hidráulico del flujo en el modelo numérico de un disparador de energía tipo vórtice.	(Gallegos et al., 2024).	Se basa en la simulación numérica mediante dinámicas de flujo computacional para analizar el comportamiento hidráulico.	Analítico y descriptiva.	Software ANTES CFX.	Se obtienen datos sobre la distribución de las características hidráulicas a lo largo del prototipo, Como velocidades y calados.

49	Efectos del cartón y cerámicas reciclada en las propiedades del concreto hidráulico.	(Carpio et al, 2024).	Se prepararon probetas cilíndricas y rectangulares de concreto hidráulico con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento.	Observación directa, analítica y descriptiva.	Equipo de laboratorio para ensayos de compresión y materiales como cemento, ceniza de cartón.	Se realizó un análisis estadístico para contrastar los resultados de los ensayos físicos encontrando un nivel de significación de 0.006 para la prueba de absorción.
50	Análisis hidráulico de un canal de garganta larga para flujo cargado de sedimentos mediante CFD.	(Morales et al., 2023).	Se realizaron simulaciones hidráulicas utilizando los programas HECRAS.	Analítica y descriptiva.	Simulación, diseño y calibración.	Se confirmó que existe una sólida correlación entre los caudales y la profundidad del flujo, se recomienda utilizar las menores pendientes en la rápida.

Nota: Elaborado por los autores.

La Tabla 17 se presenta 50 artículos analizados mediante bibliometría, enfocándose en la fabricación de materiales ecológicos. Se destaca el uso de residuos, como PET, en la construcción sostenible. El análisis físico y mecánico es clave para validar el prototipo hidráulico para fabricar vigas ecológicas, optimizando su diseño y eficiencia. Esta metodología establece un proceso estructurado para una producción sostenible y de bajo impacto ambiental.

Determinación de metodologías aplicadas en los artículos extraídos.

En la Figura 10 se presentan las metodologías y técnicas utilizadas en el estudio, destacando aquellas con mayor recurrencia y relevancia en el análisis. La revisión de literatura y análisis documental es una de las metodologías más empleadas, lo que indica un enfoque basado en la recopilación y análisis de información existente para fundamentar el estudio. Además, el modelamiento físico y simulación permite representar fenómenos o sistemas para predecir su comportamiento en distintas condiciones, lo que aporta mayor precisión en la toma de decisiones.

Figura 10.

Metodologías aplicadas en los artículos extraídos.

Metodología	Artículos asignados	Frecuencia	%	% Acumulado
Observación estructurada / Modelo	Art 1, 5, 10, 14, 17, 22, 28, 41	8	16,00%	16,00%
Revisión de literatura / Análisis documental	Art 2, 6, 11, 15, 19, 26, 30, 42	8	16,00%	32,00%
Análisis de contenido	Art 3, 7, 12, 18, 21, 33, 38, 43	8	16,00%	48,00%
Técnicas de optimización	Art 4, 8, 13, 20, 25, 31, 35, 44	8	16,00%	64,00%
Métodos de regresión	Art 9, 16, 23, 27, 34, 40, 45	7	14,00%	78,00%
Metodología de Superficie de Respuesta (MSR)	Art 24, 29, 32, 36, 46, 47, 48	7	14,00%	92,00%

Nota. Las metodologías reflejan la tendencia de los estudios hacia el análisis documental y la simulación como medios de validación y predicción.

Determinación de las técnicas aplicadas en los artículos extraídos.

Tabla 18.

Técnicas aplicadas en los artículos extraídos.

Técnica	Frecuencia
Analítico	20
Descriptivo	16
Observación directa	12

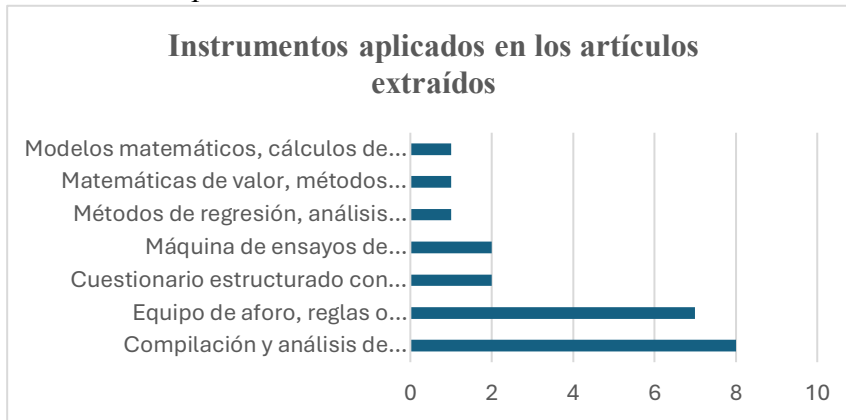
Nota. Las técnicas se seleccionaron conforme al tipo de datos requeridos.

En la tabla 18, el método analítico predomina, reflejando un enfoque detallado del estudio. Le siguen el descriptivo, que caracteriza los elementos sin modificarlos, y la observación directa clave para recopilar datos en tiempo real.

Determinación de los instrumentos aplicados en los artículos extraídos.

Figura 11.

Instrumentos aplicados en los artículos extraídos.



Nota. Los instrumentos reflejan la elección metodológica más adecuada según los objetivos y enfoques de cada estudio analizado.

1.3.Fundamentos teóricos.

Compresión hidráulica.

Se refiere a un método o técnica para analizar la resistencia del concreto mediante la aplicación de cargas de compresión controladas usando una prensa hidráulica. Este proceso implica someter las muestras de concreto a una fuerza progresiva, aplicada mediante un sistema hidráulico, hasta que la muestra se rompe o alcanza un nivel de resistencia específico. (Vega et al., 2022).

Sostenibilidad en la construcción.

Significa gestionar nuevos conocimientos sólidos en ciencia y técnica, aplicar principios y políticas regulatorias en el marco del control y uso de recursos renovables y el consumo energético de edificios a través de simuladores informáticos que permitan alcanzar certificaciones ambientales a los edificios. También da cuenta de la responsabilidad de la academia por formar profesionales que tengan vínculo con el entorno social y ambiental (Mendoza et al, 2020).

Economía circular.

Modelo económico que busca reemplazar la Economía Lineal, fomentando una producción y consumo responsable desde lo económico, social y medio ambiental de manera sostenible. La EC pretende poner a la empresa privada al servicio de la transición hacia un sistema más sostenible y representa un enfoque sistémico de desarrollo económico (Encalada et al., 2023).

Materiales reciclados.

El reciclaje comprende la utilización de desperdicios de alimentos para la obtención de energía y la utilización de residuos orgánicos para la producción de compostaje. Además, las actividades de revalorización de subproductos agroindustriales para el diseño y desarrollo de nuevos alimentos, ingredientes y aditivos también se consideran como acción de reciclaje (Fredes et al., 2023).

Prototipos hidráulicos.

Se trata de un sistema de micro generación hidráulica por tornillo de Arquímedes, desarrollado para fines pedagógicos y para la producción de electricidad a pequeña escala. Se trata de un sistema que busca aprovechar la energía cinética del agua para producir energía eléctrica pues resulta ser un ámbito interesante incluso en zonas rurales con recursos hídricos escasos. (Fredes et al, 2023).

Prensa hidráulica.

Es un dispositivo o máquina que hace uso de la presión de fluidos, generalmente agua o aceite, para utilizar fuerzas de compresión, tracción o deformación de distintos materiales y/o estructuras. Es muy común utilizarla en ensayos de las resistencias de los materiales, como en la prueba de resistencia en compresión de concretos, para determinar la resistencia estructural (Estrada et al., 2023).

Resistencia mecánica.

Es la capacidad que tiene un material o una estructura de resistir fuerzas o cargas sin que se deforme. Es una propiedad que mide la resistencia de un material bajo esfuerzos físicos, tales como la tracción, la compresión, la torsión o el corte. (García, 2023).

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

La formulación del marco metodológico en una investigación es esencial para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. En el estudio, este marco permite no solo recopilar y analizar información de manera estructurada, sino también descubrir enfoques y metodologías previamente aplicadas en investigaciones similares. Según Ruiz et al, (2024) el establecimiento de un marco metodológico adecuado implica el análisis de casos de estudio, la evaluación de materiales y la aceptación del usuario. Sin embargo, más allá de estos elementos, su formulación debe asegurar que la investigación siga una orientación clara y sistemática, permitiendo que los investigadores independientemente de su nivel de experiencia puedan ejecutar el proyecto con alta calidad.

2.1. Enfoque de investigación.

Esta investigación adopta un enfoque metodológico mixto, combinando elementos cualitativos y cuantitativos para ofrecer una comprensión integral del desarrollo y la implementación del prototipo hidráulico para la fabricación de vigas ecológicas. El componente cualitativo se centra en narrar la historia del proyecto, desde su concepción hasta su puesta en marcha en la Unidad de Prácticas de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (Ruiz, 2024). Este enfoque narrativo permite capturar la complejidad del proceso, incluyendo los desafíos superados y las lecciones aprendidas. Se aplicó un análisis cuantitativo centrado en el diseño y evaluación de costos de fabricación del prototipo de vigas ecológicas. Este análisis permitió identificar los costos directos e indirectos involucrados, y así valorar la viabilidad económica del proceso (Aracely et al., 2022).

2.2. Diseño de Investigación.

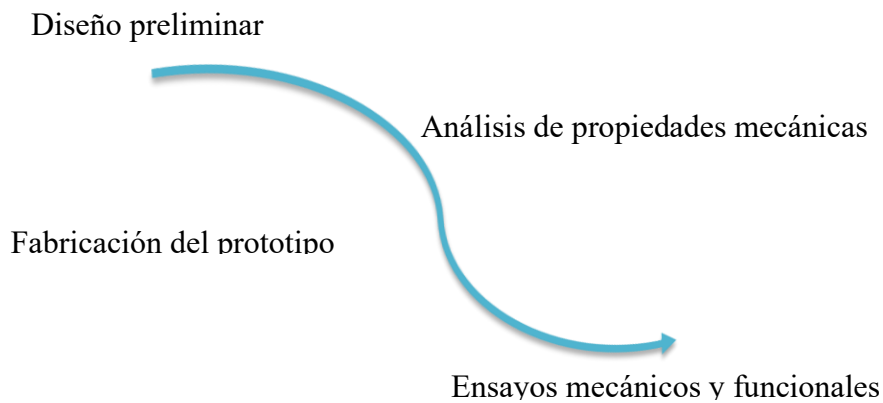
El diseño de la investigación es de tipo descriptivo y exploratorio. Descriptivo porque busca detallar las características del prototipo hidráulico, los materiales utilizados (enfocándose en aquellos reciclados o de bajo impacto ambiental), y el proceso de fabricación de las vigas ecológicas. Exploratorio, ya que se adentra en un campo con escasa investigación previa en el contexto específico de la universidad y la región (Cayambe et al., 2024).

2.3. Procedimiento metodológico.

El método utilizado en este proyecto permite diseñar el prototipo de las vigas ecológicas, cubriendo todo el proceso desde la etapa inicial de diseño hasta las pruebas mecánicas y funcionales. En la Figura 12, se muestran las diferentes fases, que incluyeron crear modelos estructurales, elegir materiales alternativos, realizar simulaciones con elementos finitos y llevar a cabo pruebas reales. La idea era comprobar si el comportamiento estructural del prototipo era similar al de las vigas tradicionales, demostrando que el diseño es mecánicamente viable (Yáñez et al, 2024).

Figura 12.

Procedimiento metodológico realización de prototipo.



Nota: Elaborado por los autores

Pasos del procedimiento metodológico para la realización del prototipo:

Diseño preliminar: Esta etapa se identificó la idea inicial del prototipo, determinando sus características generales, dimensiones, materiales y funcionalidades básicas. Utilizando bocetos y software de diseño asistido por computadora (CAD) para representar gráficamente la idea.

Análisis de propiedades mecánicas: Se evaluó las características físicas y mecánicas de los materiales seleccionados, como resistencia, flexibilidad, dureza y durabilidad. Este análisis garantizó que los materiales elegidos sean adecuados para las condiciones de uso del prototipo.

Fabricación del prototipo: Se procedió a la construcción del prototipo utilizando los materiales y técnicas de manufactura adecuados, como mecanizado, moldeo o ensamblaje de piezas. En esta etapa, se convirtió en realidad las especificaciones diseñadas previamente.

Ensayos mecánicos y funcionales: Se realizaron pruebas para evaluar el rendimiento del prototipo en términos de resistencia, estabilidad, eficiencia y cumplimiento de los requisitos establecidos. Los ensayos permitieron identificar posibles mejoras o correcciones antes de su implementación final.

Para la fabricación del prototipo de vigas ecológicas con base en el Decreto 255, se debe ajustar el diseño y disposición de los cuadros considerando la seguridad estructural, espacio adecuado, protecciones físicas, capacitación del personal y mantenimiento continuo, asegurando así un entorno seguro y eficiente para su uso educativo y productivo

En la tabla 19 se detallan los aspectos clave relacionados con la seguridad y prevención de riesgos en la operación y uso del prototipo, conforme a buenas prácticas de seguridad industrial y normativa aplicable:

Tabla 19.

Criterios de Seguridad según Decreto 255.

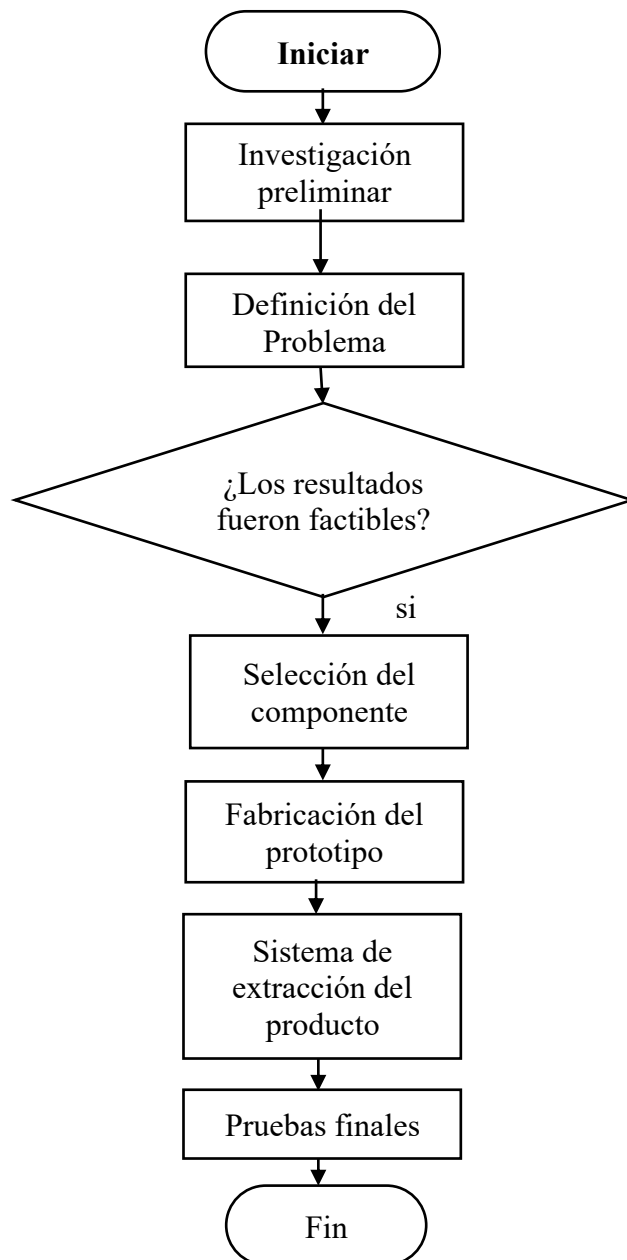
Aspecto	Descripción
Identificación y control de riesgos.	Evaluar peligros inherentes al proceso de fabricación.
Diseño seguro de instalaciones y equipos.	Garantizar que equipos sean utilizados solo para sus funciones previstas.
Espacio y accesibilidad.	Áreas con dimensiones adecuadas y espacios libres de al menos 800 mm.
Protecciones y señalización.	Instalación de barandillas, rodapiés y señalización clara en zonas de riesgo.
Capacitación y formación.	Formación específica sobre riesgos del prototipo y medidas preventivas.
Mantenimiento y vigilancia.	Sistema de mantenimiento preventivo y correctivo para cuadros y equipos.
Documentación y registros.	Registro de inspecciones, capacitaciones, incidentes y mantenimiento.

Nota. Elaborado a partir de principios generales del Decreto 255.

La Figura 13 muestra un diagrama de flujo, que ilustra el plan paso a paso para ensamblar el modelo de vigas ecológicas, este diagrama de flujo representa un proceso típico de desarrollo y validación de un producto o solución, estructurado en varias etapas secuenciales y de retroalimentación.

Figura 13.

Diagrama de flujo proceso de construcción de prototipo.



Nota: Elaborado por los autores.

2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos.

2.4.1. Métodos de recolección de los datos.

Método deductivo:

Según González et al., (2023) el método deductivo se basa en el uso riguroso de teoría científica general para inferir soluciones particulares, que luego se verifican a través de la demostración o la experimentación, asegurando así la validez científica y práctica de las aplicaciones.

Método Inductivo:

En este proyecto, el método inductivo permitió partir de la observación y análisis de prototipos iniciales y resultados de pruebas mecánicas para mejorar progresivamente el diseño de las vigas ecológicas. A través de la recopilación de datos específicos como fallas estructurales, resistencia a la carga y comportamiento en los ensayos se logró ajustar materiales, geometrías y procesos de fabricación, construyendo así un modelo más eficiente y adaptado a las condiciones reales del uso estructural (González et al., 2023).

Método analítico:

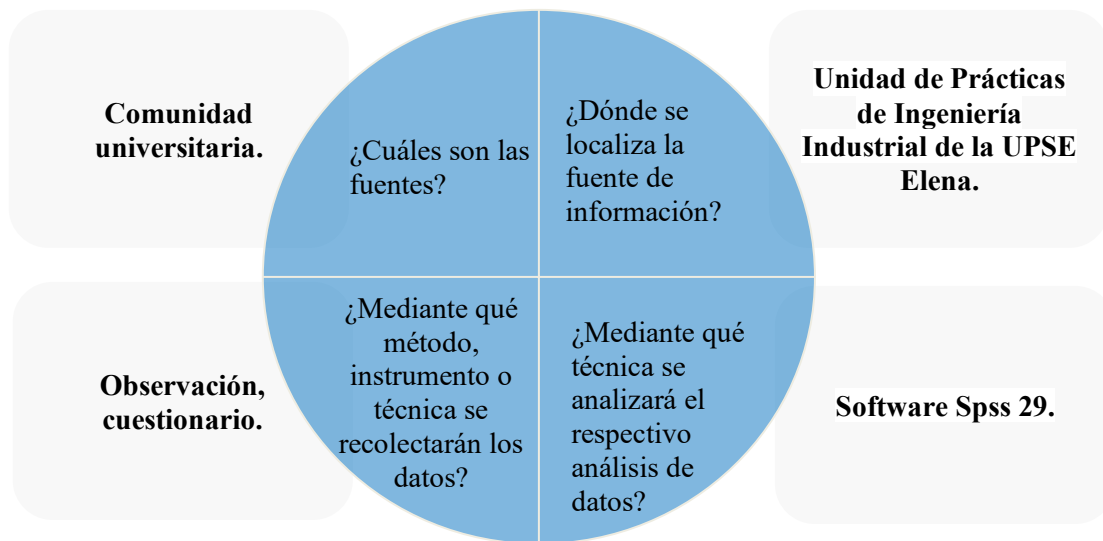
En el desarrollo del proyecto, el método analítico fue clave para descomponer el comportamiento estructural de las vigas ecológicas en sus componentes fundamentales. Permitted examinar por separado variables como la distribución de esfuerzos, deformaciones, puntos críticos de falla y propiedades de los materiales alternativos. Esta descomposición facilitó una evaluación detallada del desempeño mecánico del prototipo, optimizando así su diseño final con base en resultados cuantificables y verificables (Soler et al., 2022).

Unidad de análisis:

La unidad de análisis será el prototipo hidráulico de fabricación de vigas ecológicas. Para analizar y comprender la recolección de datos, se elaboró un proceso metodológico que permite identificar y describir de manera clara la estructura necesaria. En la figura 14 se presenta de forma detallada cada una de las etapas del proceso de recolección de datos.

Figura 14.

Proceso de recolección de datos.



Nota: Elaborado por los autores.

El método para la recolección de datos fue la observación directa, la elección de este método se justifica por la necesidad de obtener resultados precisos y confiables que permitan evaluar el desempeño del prototipo de viga ecológica, asegurando que se pueda presentar como una alternativa sostenible. Según Agrawal, et al. (2024), la caracterización experimental de materiales reciclados en la fabricación de elementos estructurales es fundamental para validar su viabilidad en aplicaciones constructivas. En este sentido, la implementación de pruebas mecánicas y de durabilidad no solo permite comparar el rendimiento del prototipo, sino que también contribuye al desarrollo de metodologías óptimas para mejorar sus propiedades y ampliar su uso en la industria de la construcción sostenible.

2.4.2. Técnicas de recolección de los datos.

Según Romero et al (2020), los ensayos experimentales de propiedades físicas y mecánicas del hormigón reforzado con fibras no metálicas (HRFnM) son fundamentales por diversas razones. En primer lugar, permiten la caracterización del material, proporcionando datos esenciales sobre su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga y exposición. Además, estos ensayos ayudan a comprender la influencia de las fibras, ya que el tipo y contenido de estas afectan directamente la resistencia, flexibilidad y capacidad de absorción de energía del hormigón.

2.4.3. Instrumentos de recolección de los datos.

La recolección de datos es un componente esencial en el diseño de la prensa hidráulica, ya que permite optimizar el proceso de fabricación, garantizar la seguridad y efectividad del equipo, y contribuir a la sostenibilidad en el reciclaje de plásticos. Según González, et al. (2022), la recopilación sistemática de información sobre variables como la presión aplicada, temperatura de trabajo, tiempo de compactación y resistencia mecánica de las vigas ecológicas es fundamental para ajustar los parámetros de operación y maximizar la eficiencia del sistema.

Como instrumento de recolección de datos (Anexo 25), se establecieron métodos que permitieron una medición precisa de las variables en estudio, fundamentados principalmente en la observación directa en campo. A continuación, se describen los métodos, técnicas e instrumentos implementados para garantizar la validez y confiabilidad de la información recolectada en el desarrollo de la investigación.

2.5. Variables de estudio.

Según Silva et al. (2021), el estudio analiza la resistencia a la compresión y la absorción de agua de cuerpos de prueba producidos con PET reciclado. Para ello, se caracterizan los materiales y se realizan ensayos en laboratorio con el fin de determinar sus propiedades físicas y químicas, evaluando la viabilidad del uso de PET reciclado en la construcción y promoviendo la sostenibilidad. Siguiendo una metodología similar, se caracterizan los materiales reciclados utilizados en la producción de las vigas y se realizan ensayos en laboratorio para determinar sus propiedades físicas y químicas.

Variable Independiente: Prototipo hidráulico.

Variable Dependiente: Fabricación de viga ecológica.

2.6. Procedimiento para la recolección de los datos.

Según Agrawal et al., (2024), el proceso de recolección de datos en una investigación debe estar respaldado por fuentes verificables y alineado con las preguntas de investigación. En este sentido, el desarrollo del prototipo de una fábrica de vigas ecológicas se llevó a cabo mediante el siguiente procedimiento:

a) Exploración documental inicial: Se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura técnica y científica sobre materiales sostenibles y diseño de vigas ecológicas.

b) Selección y recolección de insumos reciclables: Se identificaron diversos materiales reciclables adecuados para la fabricación de vigas ecológicas. Los insumos fueron seleccionados con base en su disponibilidad, propiedades mecánicas y capacidad de integración en un diseño estructural sostenible.

c) Diseño y construcción de moldes para viga: Se diseñaron moldes específicos en lámina metálica galvanizada con dimensiones adaptadas a una viga estructural estándar: 140 cm de longitud, 10 cm de ancho, 10 cm de alto y 2,8 mm de espesor. Estos moldes permitieron mantener la uniformidad en el prototipo.

d) Cálculo del volumen y proporciones de la mezcla: El volumen de cada molde (15,000 cm³) sirvió como base para establecer la cantidad de mezcla por viga. Se calcularon las proporciones con el material plástico.

e) Proceso de fabricación de las vigas ecológicas

- El material fue sometido a procesos de limpieza, eliminación de residuos orgánicos y secado.
- Posteriormente se pesaron para saber cuánto de material se usaría para cada prueba.
- Durante un periodo de 25 a 35 minutos a temperatura de 130°, el material pasó de estado sólido a líquido, esta mezcla obtenida fue colocada en los moldes y compactada en una prensa hidráulica manual con una presión estimada entre 2 a 5 toneladas.
- Una vez desmoldadas, las vigas fueron curadas con agua y al aire libre, para su endurecimiento completo antes del análisis.

f) Evaluación de características técnicas: Se seleccionaron cuatro tratamientos diferentes, generando un total de 2 pruebas fallidas y 1 prueba aceptable. Las vigas producidas fueron evaluadas mediante pruebas de resistencia a la compresión, absorción de humedad y análisis dimensional.

g) Sistematización y análisis de resultados: Finalmente, se elaboró un informe integral con los datos recolectados. Se organizó la información por capítulos, detallando procedimientos,

herramientas empleadas y hallazgos principales en relación con la eficiencia y sostenibilidad de las vigas ecológicas desarrolladas, en la Tabla 20 se presenta el procedimiento que se realiza en cada capítulo.

Tabla 20.

Plan Técnico de Validación del Prototipo

Objetivo específico	Procedimientos	Instrumentos	Resultados esperados
1. Analizar mediante una revisión de la literatura la relación entre las variables de prototipo hidráulico y fabricación de vigas ecológicas para el diseño eficiente del prototipo hidráulico.	- Revisión bibliográfica de estudios previos. - Identificación de parámetros técnicos y criterios de funcionalidad aplicables al prototipo.	- Fichas técnicas. - Documentos académicos. - Guías de diseño hidráulico.	Establecimiento de especificaciones técnicas claras para el diseño del prototipo, fundamentadas en evidencia científica y contextual.
2. Implementar el prototipo hidráulico en la unidad de prácticas considerando criterios de seguridad y facilidad de operación para su uso educativo y productivo, mediante un marco metodológico adecuado del diseño mecánico.	- Desarrollo del prototipo en la unidad de prácticas. -Pruebas funcionales del sistema hidráulico.	- Registros de observación directa. - Fotografías del proceso de montaje. - Encuestas a usuarios (estudiantes/técnicos).	Instalación operativa del prototipo hidráulico con adecuadas condiciones de uso académico, seguro y eficiente para la fabricación de vigas.
3. Evaluar el desempeño del prototipo mediante la medición de tiempos de trabajo y la fabricación con materiales ecológicos, promoviendo la sostenibilidad ambiental con la utilización de materiales para la verificación de su óptimo funcionamiento.	- Producción de vigas ecológicas mediante el prototipo. - Medición del tiempo de producción.	- Cronómetro. - Calibradores y reglas de medición. -Formularios de recolección de datos técnicos.	Obtención de indicadores de eficiencia productiva.

Nota. Elaborado por los autores

2.7. Operacionalización de las variables.

El anexo 23 muestra la matriz de operacionalización de la variable independiente permite estructurar y medir el prototipo hidráulico a través de tres dimensiones: presión aplicada, eficiencia del proceso y calidad del producto. Cada dimensión cuenta con cinco indicadores específicos que cuantifican aspectos clave del proceso, como la fuerza de compresión, el consumo energético y la resistencia mecánica del material. En la tabla 21 se detalla un resumen de la variable independiente que proporciona una información más detallada y precisa.

Tabla 21.

Resumen de la variable independiente.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
VI: Prototipo hidráulico.	D1.- Diseño estructural.	I1: Resistencia del prototipo (kg o newton).	Prueba de carga.	Dinamómetro o sensor de fuerzas.
		I2: Compatibilidad del diseño con el molde de viga.	Observación técnica.	Lista de validación de compatibilidad.
	D2.- Funcionamiento hidráulico.	I3: Presión máxima alcanzada (bar o psi).	Medición directa.	Manómetro.
		I4: Tiempo de respuesta del sistema hidráulico (seg).	Cronometraje.	Cronómetro digital.
	D3.- Automatización y control.	I5: Porcentaje de operaciones automatizadas.	Revisión técnica del diseño.	Ficha técnica o diagrama de procesos.
		I6: Tiempo requerido para operar el sistema (min/ciclo).	Cronometraje de tareas.	Cronómetro/registro de tiempos.
	D4.- Seguridad Operativa.	I7: Número de incidentes reportados entre pruebas.	Revisión documental.	Formato de registro de incidentes.
		I8: Presencia de sistema de seguridad instalados (si/no o nivel de cumplimiento).	Observación directa.	Lista de verificación de seguridad.
	D5.- Mantenimiento y durabilidad.	I9: Frecuencia de mantenimiento preventivo (veces/mes).	Análisis documental.	Bitácora de mantenimiento.
		I10: Vida útil estimada del prototipo (años o ciclos de uso).	Estimación técnica sobre proyección.	Informe técnico del fabricante o experto.

Nota. Elaborado por los autores.

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Marco de resultados.

Mediante una exhaustiva revisión bibliográfica sobre vigas ecológicas fabricadas con materiales reciclados, específicamente utilizando residuos de polietileno tereftalato (PET), se ha realizado un análisis descriptivo que permite identificar el valor agregado y las diferencias fundamentales respecto a las vigas convencionales. Esto se alinea con las crecientes demandas de sostenibilidad en la industria de la construcción, el trabajo de investigación se fundamenta en el diseño y la implementación de un prototipo de viga ecológica que facilita la compresión hidráulica y permite un ensamblaje eficiente.

3.1.1. Validación de la propuesta.

Para validar el diseño del prototipo hidráulico, se aplicó un proceso riguroso de evaluación mediante encuestas a expertos en el área industrial y académica, considerando criterios como experiencia, conocimiento técnico y disponibilidad (anexo 26 - 33) para el análisis de la propuesta tal y como muestra la tabla 22. Los instrumentos utilizados se documentan en el anexo 25.

Tabla 22.

Criterios de inclusión y exclusión para la validación de la propuesta.

N.º	Criterios
1	Los expertos deben estar vinculados al ámbito académico, ya sea como docentes o investigadores.
2	Experiencia profesional comprobada en el sector industrial vinculado directamente con la temática de estudio.
3	Dominio actualizado de metodologías de investigación y enfoques teóricos.
4	Nivel de experiencia y la procedencia institucional de los expertos convocados.
5	Los expertos no deben tener conflictos de interés que puedan afectar su objetividad durante la evaluación.
6	Disposición y compromiso del experto para participar activamente en el proceso de validación.

Nota. Elaborado por los autores.

El contacto con los especialistas se realizó directamente en la institución, lo que facilitó su rica interacción sin tutoría. Con este contacto, fue posible evaluar y modificar las brechas del cuestionario y cambiar las escalas de calificación de acuerdo con su juicio experto. Además, sus comentarios y contribuciones se integraron para mejorar la precisión y eficacia de la propuesta sobre el prototipo de viga ecológica con el fin de fortalecer su coherencia y aplicabilidad dentro del contexto de desarrollo del proyecto.

Para el proceso de validación de la propuesta se llevó a cabo la selección de expertos considerando los criterios de inclusión y exclusión. Los especialistas fueron escogidos por su perfil técnico y trayectoria profesional, cumpliendo con las siguientes características fundamentales:

- a) Conocimientos especializados en el área temática del estudio.
- b) Experiencia comprobada en diseño, modelado y simulación.
- c) Capacidad para evaluar la factibilidad técnica y la calidad del prototipo.
- d) Dominio en el análisis de la interacción mecánica de materiales y estructuras.

En la tabla 23 se detallan las características de los expertos que participaron en el proceso de validación:

Tabla 23.

Características de los expertos seleccionados.

Nº	Nivel de formación	Especialidad	Experiencia profesional	Referencia (Anexo)
1	Ingeniero Industrial.	PhD en Ciencia Ambientales.	35 años.	Ver Anexo 26.
2	Ingeniero Industrial.	PhD en Educación.	41 años.	Ver Anexo 27.
3	Ingeniero Industrial.	Magister en Educación Educativa.	15 años.	Ver Anexo 28.
4	Ingeniero Industrial.	PhD en Ciencias Técnicas.	30 años.	Ver Anexo 29.

Nota. Elaborado por los autores.

3.1.2. Valoración del contenido de la propuesta.

Para la evaluación de la propuesta, se definieron cinco categorías de calificación: Muy adecuado, Bastante adecuado, Adecuado, Poco adecuado e Inadecuado. Estas categorías permitieron valorar el nivel de pertinencia, coherencia y calidad técnica del contenido presentado. La Tabla 24 resume las valoraciones otorgadas por los expertos consultados:

Tabla 24.

Valoración del contenido de la propuesta por parte de los expertos.

Nº de Experto	Calificación obtenida	Categoría asignada
1	34 puntos.	Muy adecuado.
2	35 puntos.	Muy adecuado.
3	34 puntos.	Muy adecuado.
4	32 puntos.	Bastante adecuado.
5	33 puntos.	Muy adecuado.

Nota. Elaborado por los autores.

Aquí hay un resumen de las cuantificaciones sobre las evaluaciones dadas por los cinco expertos para la validación del contenido de la propuesta que participó en la evaluación. Cuatro de los evaluadores consideraron la propuesta como Muy Adecuada y uno como Bastante Adecuada. La puntuación total alcanzada fue de 168 puntos, lo que indica un alto grado de acuerdo y aceptación con respecto a la lógica, pertinencia y viabilidad técnica del prototipo de viga ecológica propuesto.

3.2 Fiabilidad y validez de los instrumentos de investigación.

Para comprobar qué tan confiable es nuestro cuestionario, se optó por realizar 20 preguntas a estudiantes, técnicos y docentes de la Carrera de Ingeniería Industrial (consultar en el Anexo 1), con la finalidad de recopilar información relevante sobre si será rentable el diseño y construcción del prototipo hidráulico para fabricar vigas ecológicas en la unidad de prácticas industrial. La tabla 25 nos indica la interpretación de las respuestas a las preguntas de la encuesta.

Tabla 25.*Interpretación de las respuestas del cuestionario.*

Código	Interpretación de la Respuesta
P1	Un 85% de personas menciona que el diseño del prototipo es adecuado para su uso en la fabricación de vigas ecológicas, destacando su funcionalidad estructural.
P2	Un 78% opina que el prototipo se adapta correctamente al molde de la viga, lo que favorece su implementación práctica.
P3	El 80% considera que el sistema hidráulico del prototipo es eficiente y confiable durante su funcionamiento.
P4	El 75% afirma que el sistema responde rápidamente al iniciar la operación, lo que optimiza los tiempos de producción.
P5	Un 70% indica que el prototipo está suficientemente automatizado, facilitando su operación con menor intervención humana.
P6	El 72% cree que el tiempo requerido para completar una operación es razonable, sin afectar la productividad.
P7	Un 88% asegura que el prototipo cuenta con mecanismos de seguridad adecuados, lo cual minimiza riesgos durante su uso.
P8	Un 90% no ha experimentado incidentes con el prototipo, lo que respalda su fiabilidad en condiciones reales.
P9	El 77% señala que el prototipo requiere poco mantenimiento, lo que representa una ventaja operativa.
P10	El 81% estima que la vida útil del prototipo es larga bajo el uso actual, lo cual garantiza durabilidad.
P11	Un 86% considera que las vigas producidas tienen buena resistencia, cumpliendo con los requisitos estructurales.
P12	El 79% menciona que los defectos en el acabado superficial de las vigas son poco frecuentes.
P13	Un 82% confirma que se están usando materiales ecológicos de forma significativa en la mezcla.
P14	El 84% cree que el proceso de producción ayuda a reducir el impacto ambiental, especialmente en emisiones de CO ₂ .
P15	El 73% manifiesta que el tiempo total de fabricación por viga es adecuado, permitiendo mantener el ritmo productivo.
P16	Un 76% señala que el fraguado inicial ocurre dentro del tiempo estimado, lo que evita retrasos.
P17	El 80% opina que fabricar vigas con este prototipo ayuda a reducir los costos frente a otros métodos.
P18	Un 78% percibe un ahorro económico en comparación con métodos convencionales de fabricación.
P19	El 74% indica que se pueden fabricar varias vigas por día, lo que demuestra una buena capacidad de producción diaria.
P20	Un 72% señala que el rendimiento por hora del prototipo es adecuado para cumplir con la demanda esperada.

Nota. Elaborado por los autores

A continuación, usamos un programa IBM SPSS Statistics para analizar los datos, específicamente, calculamos el valor de Alfa de Cronbach, que nos ayuda a entender si las preguntas se relacionan de manera coherente. Cuando este valor es alto, significa que las preguntas están bien conectadas entre sí. En este caso, se seleccionaron las respuestas de los 20 participantes en SPSS en el cual se obtuvo un Alfa de Cronbach de 0.953 tal como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26.

Fiabilidad por el coeficiente Alfa de Cronbach.

Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,953	,953	20

Nota. Tomado de IBM SPSS Statistics 30.

Interpretación y decisión de hipótesis.

H₀ (Hipótesis nula): La escala no es confiable (Alfa < 0.7).

H₁ (Hipótesis alternativa): La escala sí es confiable (Alfa ≥ 0.7).

Dado que el análisis de confiabilidad arrojó un valor de Alfa de Cronbach de 0.953, lo cual supera ampliamente el umbral aceptado de 0.70, se concluye que la implementación del prototipo hidráulico mejora significativamente la eficiencia del proceso de viga ecológica en la unidad de prácticas de Ingeniería industrial.

3.3 Etapa 1: Diseño.

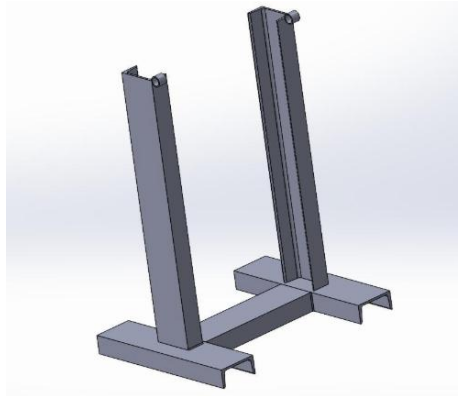
El diseño detallado del prototipo hidráulico fue realizado con la ayuda de la herramienta SolidWorks, donde se generaron planos técnicos y se modelaron las piezas estructurales que se necesitan de acuerdo con los mecanismos hidráulicos que permitirán compactar el material reciclado para obtener vigas ecológicas. Además, se usó AutoCAD para el diseño 2D de nuestro prototipo (revisar anexo 18).

1. Diseño de la base de anclaje.

La base del sistema está formada por dos placas metálicas dispuestas en forma horizontal que constituyen la base fundamental del prototipo. Estas placas permiten fijar la estructura al suelo, las placas tienen una longitud aproximada de 400 mm, un ancho de 100 mm y un grosor de 8 mm.

Figura 15.

Diseño de la base del prototipo.



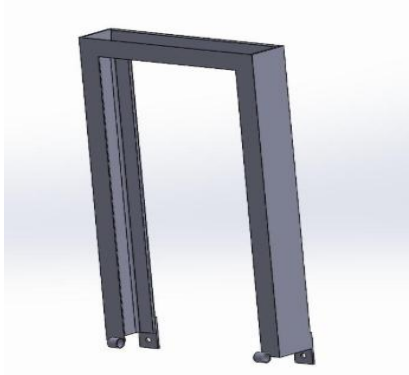
Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

2. Diseño de los soportes verticales.

Los soportes laterales son columnas metálicas robustas que guían y sostienen la estructura completa. Tienen una altura estimada de 1000 mm, un ancho de 40 mm y una profundidad de 40 mm. Su función principal es mantener la alineación axial del sistema, resistir cargas laterales durante el ensayo y permitir el montaje del actuador de carga en la parte superior.

Figura 16.

Diseño de los soportes verticales.



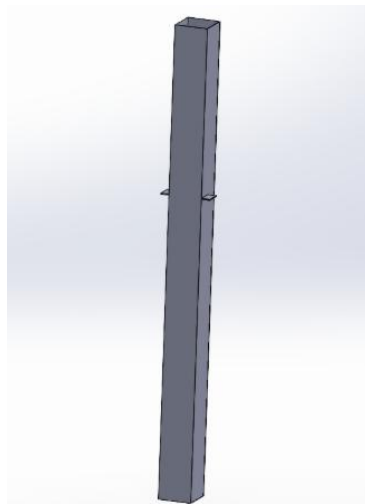
Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

3. Diseño de la viga.

Ubicada en el centro del sistema, la viga es el elemento principal de ensayo. Tiene una altura aproximada de 800 mm, un ancho de 100 mm y una profundidad de 100 mm. Su sección es prismática rectangular y está diseñada para ensayos de carga axial, flexión o impacto. Su función será permitir la conformación y producción de la viga, así como: dar forma a la viga, contener el material durante el fraguado o curado, asegurar la uniformidad, reducir el desperdicio del material. Esto durante el enfriamiento que durará aproximadamente 8 horas, en la figura 17 se observa el diseño de la viga.

Figura 17.

Diseño de la viga.



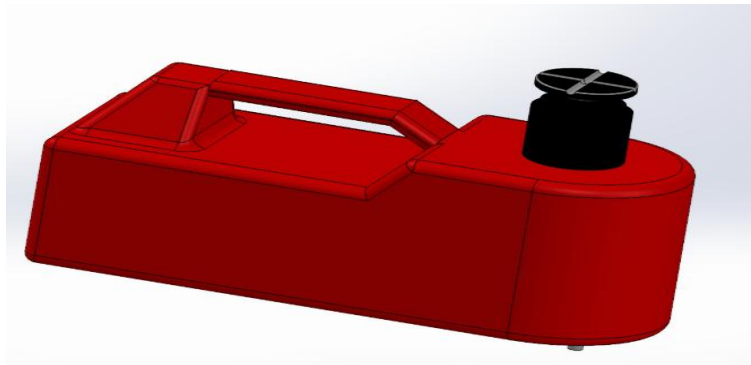
Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

4. Diseño de la Prensa hidráulico portátil.

En la figura 18 se presenta la unidad hidráulica portátil modelo GH-110/5T con recorrido de 110 mm y capacidad de 5 toneladas ($\approx 49\,050$ N) a una presión máxima de trabajo de 700 bar, equipada con un cilindro de simple efecto en acero templado, válvula de seguridad ajustada a 720 bar, depósito de aceite de 0,5 L y conexiones rápidas ISO 7241/2 de 3/8" BSPP; sus tiempos de subida y bajada sin carga son de 2–3 s y 1–2 s respectivamente, con dimensiones compactas de 120×80×300 mm, un peso de 8,5 kg y operación garantizada entre -20 °C y $+80$ °C conforme a la normativa ISO 9001:2015 y CE.

Figura 18.

Diseño de la Prensa hidráulico portátil.



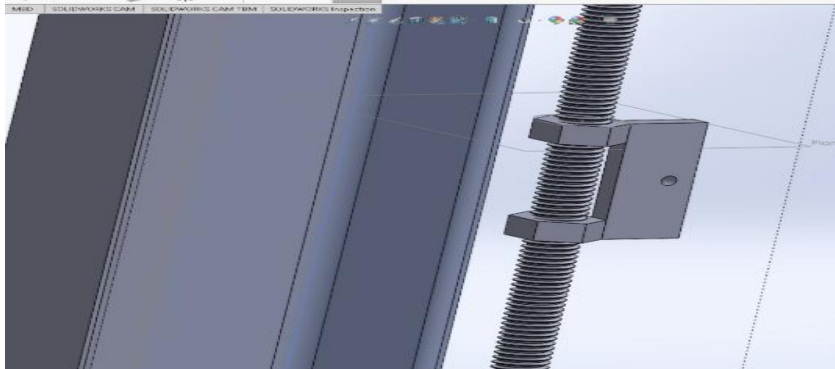
Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

5. Diseño de tuerca guía con soporte de fijación lateral.

En la Figura 19, se muestra una tuerca guía montada sobre un husillo roscado, sujeta mediante un soporte con fijación lateral, se utiliza comúnmente en mecanismos de transmisión lineal, permitiendo que la tuerca se desplace a lo largo del eje conforme esta gira.

Figura 19.

Diseño de tuerca guía con soporte de fijación lateral.



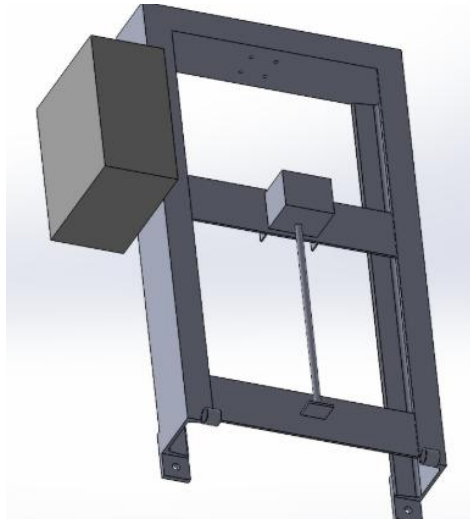
Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

6. Diseño ensamblaje mecánico tipo estructura soporte.

En la Figura 20, se presenta un ensamblaje mecánico tipo estructura soporte, en el cual se destaca un husillo roscado vertical conectado a una tuerca guía móvil, que probablemente permite el movimiento vertical de un componente central. Esta tuerca está unida a un soporte cuadrado intermedio, que se desplaza guiado por dos columnas o rieles laterales.

Figura 20.

Diseño ensamblaje mecánico tipo estructura soporte.



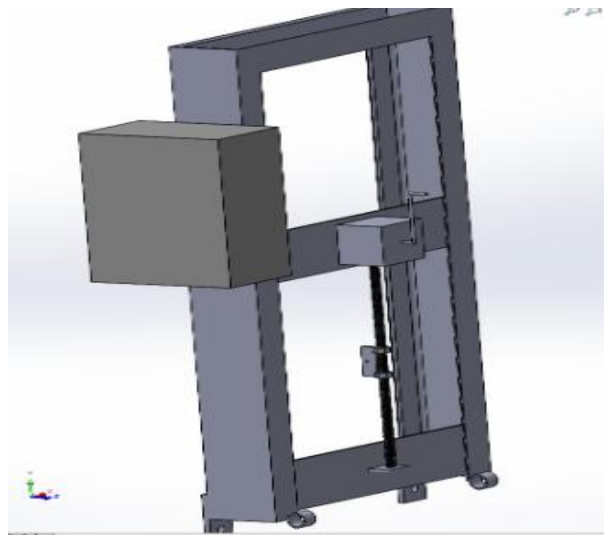
Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

7. Diseño sistema de desplazamiento vertical motorizado.

En la Figura 21, se visualiza una versión más completa del ensamblaje mostrado anteriormente, donde se aprecia un sistema de desplazamiento vertical motorizado. El conjunto incluye un husillo roscado acoplado a un motor (caja superior), que transmite movimiento a una tuerca guía conectada a un soporte móvil.

Figura 21.

Diseño sistema de desplazamiento vertical motorizado.



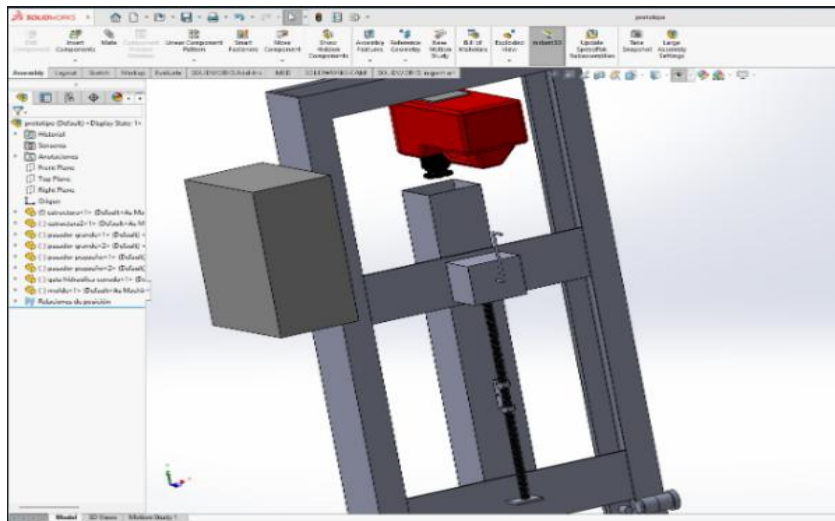
Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

8. Vista General del Prototipo.

En la Figura 22, se presenta una vista general del prototipo completo, en la cual se integran todos los componentes principales del sistema. Se observa claramente la estructura soporte, el sistema de husillo roscado, la tuerca guía móvil, y la unidad motriz ubicada en la parte superior izquierda. Este prototipo está diseñado para realizar desplazamientos lineales verticales controlados, y puede formar parte de aplicaciones como máquinas de prueba.

Figura 22.

Vista general del prototipo.



Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

9. Diagrama eléctrico del sistema de control.

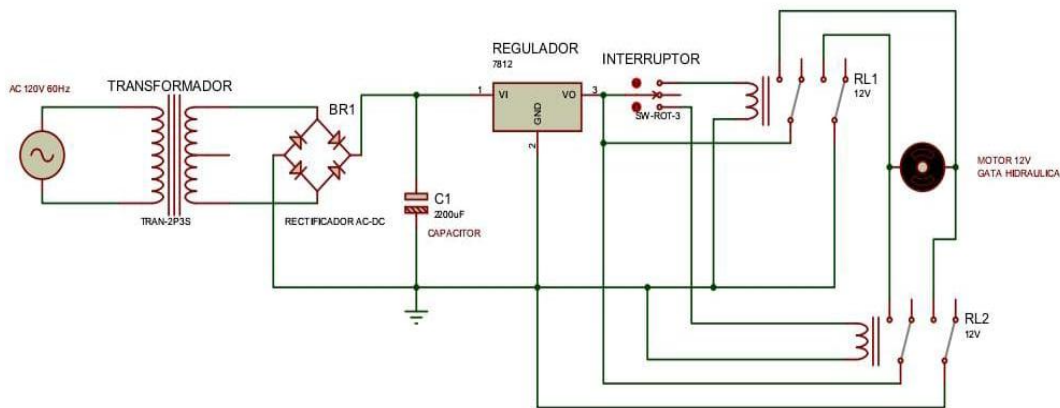
En la Figura 23 se presenta el diagrama eléctrico del sistema de control utilizado en el prototipo hidráulico, este circuito tiene como finalidad transformar la corriente alterna (AC) de 120V a corriente continua (DC) de 12V, necesaria para el funcionamiento del motor eléctrico que acciona el gato hidráulico. El circuito inicia con un transformador (TRAV-2215) que reduce la tensión de entrada, luego un puente rectificador (BR1) convierte la señal de AC a DC, la cual es filtrada por un condensador electrolítico (C1) de 2200 μ F para eliminar el rizado; posteriormente un regulador de voltaje 7812 estabiliza la salida a 12V DC constantes.

El sistema de activación está compuesto por un interruptor principal (SW1) y dos relés de 12V (RL1 y RL2) que permiten controlar el encendido y dirección del motor. Estos relés actúan

como interruptores electromecánicos que habilitan o interrumpen el paso de corriente al motor de 12V, el cual es el componente principal del sistema hidráulico. La incorporación del interruptor físico (SW1) permite la activación manual del sistema, útil durante pruebas o mantenimiento, mientras que la disposición de los relés puede ser adaptada fácilmente para implementar funciones adicionales, como inversión de giro o parada automática al alcanzar ciertos límites.

Figura 23.

Diagrama eléctrico del sistema de control.



Nota. Elaborado por los autores, basado en el software Proteus.

10. Proceso y Funcionamiento.

El ensayo empieza con la colocación de la viga, situada dentro del eje vertical central, sobre una base metal fija, compactándola en moldes normalizados (DIN 24480, Placas de molde y ISO 6751, Moldes para moldeo por inyección de plástico). A la hora de colocarla, la viga se comporta manualmente alineando la misma en la cara superior de la placa de carga y sobre los elementos guías laterales.

En ellas, la fuerza de compresión vertical constante se va ejecutando desde la parte superior del sistema del equipo hidráulico; la carga se transfiere mediante una placa metálica que distribuye el esfuerzo y no permite concentraciones puntuales. Esta etapa se realiza vigilando las deformaciones visibles o fisuras que puedan producirse en la viga, y permite la evaluación de la resistencia de los materiales frente a las cargas reales de servicio.

3.3.1. Etapa 2: Selección de materiales.

Los materiales seleccionados fueron, moldes metálicos, componentes hidráulicos de presión, entre otros. La selección respondió a criterios de resistencia mecánica, costo accesible y disponibilidad en la región. Para la fabricación del prototipo destinado al ensayo de vigas ecológicas, la selección de materiales estructurales fue un factor clave que garantiza la integridad y operatividad del sistema bajo condiciones de carga reales. En la Tabla 27 se detallan los materiales y componentes utilizados, seleccionados con base en parámetros técnicos, experiencia en diseño estructural, y criterios de funcionalidad obtenidos en la etapa inicial del proyecto.

Tabla 27.

Materiales para la fabricación del prototipo de ensayo de vigas ecológicas.

Nombre comercial	Detalle	Referencia	Cantidad
Tubo cuadrado acero A36.	Columnas estructurales laterales.	50mm × 50mm × 3mm × 3m..	4 U.
Plancha de acero C1020.	Base inferior de apoyo.	122cm × 44cm × 6mm.	1 U.
Tubo rectangular negro.	Refuerzos transversales.	50mm × 25mm × 2mm × 1.2m.	3 U.
Ángulo de acero A36.	Refuerzo de esquinas.	1 ½" × 3/16" (38mm × 4mm) × 1m.	2 U.
Sistema hidráulico.	Aplicador de carga.	Eléctrica 12V.	1 U.
Placa perforada.	Soporte ajustable y ranurado.	200mm × 40mm × 6mm.	2 U.
Disco corte Norton.	Herramienta de apoyo para cortes.	7" × 1/16".	7 U.
Soldadura 6011.	Unión de estructuras.	Electrodo 6011.	5 Lb.
Ángulo galvanizado.	Soporte guía molde.	1 ¼" × 3/16" × 80cm.	1 U.
Varilla ranurada.	Sistema de deslizamiento.	10mm.	1 U.
Pernos de seguridad.	Seguros de intersección de prototipo.	8-10mm.	4 U.
Pintura anticorrosiva.	Recubrimiento protector.	Negro industrial, 1 litro.	1 U.

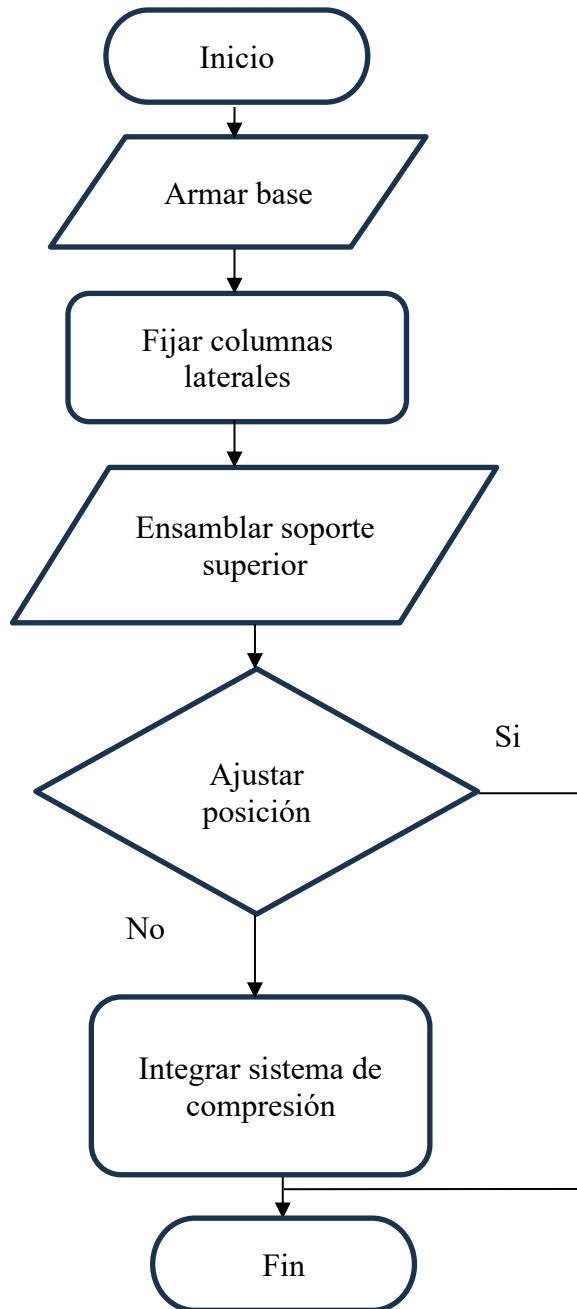
Nota. Elaborado por los autores.

3.3.2. Etapa 3: Fabricación.

En la Figura 24 se muestra un diagrama de flujo que ilustra el proceso de ensamblaje estructural previo a la preparación de los materiales. Este método garantiza una adecuada alineación y estabilidad del conjunto antes de su puesta en marcha.

Figura 24.

Flujograma del proceso de ensamble.

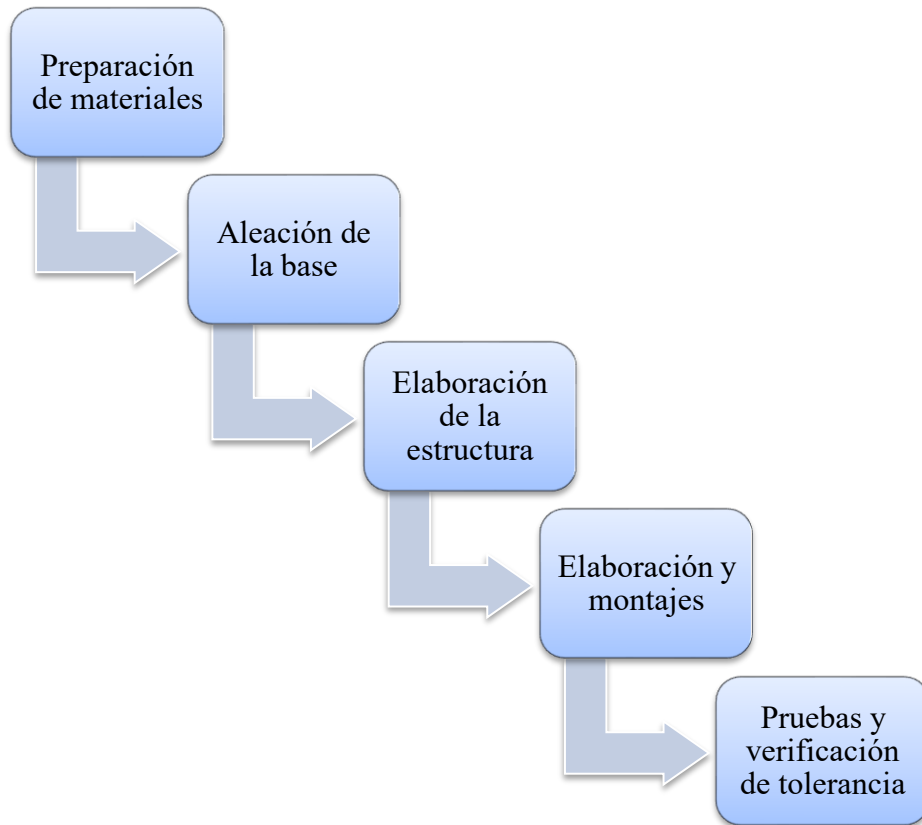


Nota. Elaborado por los autores.

A continuación, se procedió con la construcción física del prototipo, el proceso incluyó soldadura, ensamblaje de los sistemas hidráulicos, verificación de tolerancias y pruebas iniciales de funcionamiento. En Figura 25 se muestra el proceso de fabricación de la viga ecológica.

Figura 25.

Proceso de fabricación de la viga ecológica.



Nota. Elaborado por los autores.

Crear un prototipo que funcione bien y sea eficiente requiere seguir el proceso de cómo nos indica la figura 25 de manera organizada paso a paso, desde preparar los materiales hasta hacer las pruebas finales.

1. Preparación de materiales.

En esta fase, se procede a la recolección de los perfiles de acero estructural, así como de la tornillería y otros elementos metálicos indispensables para el ensamblaje del prototipo, se dio preferencia a aquellos materiales que garanticen una elevada resistencia mecánica (revisar anexo 19).

Figura 26.

Preparación de materiales.



Nota. Elaborado por los autores

2. Aleación de la base.

Los componentes de acero fueron unidos mediante procesos de soldadura controlados, aplicando técnicas adecuadas para garantizar una unión metálica sólida y libre de defectos. Se emplearon parámetros precisos de energía y velocidad para asegurar la integridad estructural. La selección del método de soldadura y del material de aporte se realizó en función de las propiedades mecánicas requeridas y la compatibilidad metalúrgica entre los aceros involucrados, utilizándose electrodos revestidos de tipo E7018.

Figura 27.

Aleación de la base.



Nota. Elaborado por los autores.

3. Elaboración de la estructura.

Aquí se da forma inicial al cuerpo de la viga utilizando moldes o técnicas de moldeo. Se definen las dimensiones básicas de 1.65 m de altura, base de 50 cm en cada parte, con el molde de la viga de 140 cm, dando forma y diseño estructural del prototipo.

Figura 28.

Elaboración de la estructura.



Nota. Elaborado por los autores.

4. Elaboración y montajes.

Se ensamblan las diferentes partes o capas de la viga. También se integran refuerzos estructurales, fibras u otros componentes adicionales. Esta fase garantiza la cohesión entre las partes de la viga ecológica.

Figura 29.

Elaboración y montaje.



Nota. Elaborado por los autores.

5. Pruebas y verificación.

Se realizan ensayos mecánicos y estructurales para evaluar la resistencia, flexión, durabilidad y comportamiento de la viga bajo diferentes condiciones. Se verifica en el anexo 34, el proceso de producción de vigas ecológicas.

Tiempo de Solidificación.

El tiempo de solidificación del plástico fundido dentro del molde fue registrado como parte del proceso experimental. Considerando el tipo de plástico utilizado, el tamaño estándar de las vigas y las condiciones controladas de enfriamiento se determinó un tiempo promedio de solidificación de 10 a 60 minutos. Estos resultados se obtuvieron siguiendo principios del moldeo por inyección y se encuentran resumidos en la tabla 28 correspondiente, donde se observa que el tiempo de enfriamiento varió entre 30 min y 50 minutos.

Tabla 28.

Propuesta de Tratamientos Experimentales.

Tratamiento	Tiempo de degradación térmica (min)	Tiempo de Solidificación (minutos)	Observaciones
T1	30	10 – 17	Superficie con porosidad.
T2	60	20 – 25	Mejora en la densidad.
T3	90	30 – 40	Óptima compactación y acabado.
T4	120	50 – 60	Buen estado.

Nota. Elaborado por los autores

3.3.3. Etapa 4: Pruebas finales.

Se fabricaron varias vigas ecológicas con el prototipo. A cada muestra se le realizaron ensayos de compresión y flexión. Los resultados se compararon con estándares de vigas tradicionales, demostrando que las vigas ecológicas obtenidas presentan una resistencia adecuada para aplicaciones no estructurales.

En la tabla 29 se muestran los resultados comparativos de los materiales que se usaron para construir nuestro prototipo de vigas ecológicas, en el cual se observó que tiene un desempeño regular en cuanto a resistencia y qué tan fácil es moldearlo. Esto lo hace ideal para estructuras donde se necesita algo de flexibilidad, pero sin que se rompan fácilmente.

Tabla 29.*Especificaciones del PET reciclado.*

Material	Resistencia	Maleabilidad	Indicadores de retorno
PET reciclado.	Media.	Media.	Alto.

Nota. Elaborado por los autores.

En la Tabla 30 se detallan las características técnicas del PET reciclado. Se ofrece una idea general sobre cómo se comporta a nivel físico, mecánico y térmico, ya que estos datos son clave para determinar si puede usarse en diferentes industrias o procesos de fabricación.

Tabla 30.*Propiedades técnicas del PET reciclado.*

Propiedad	Valor
Peso específico (gr/cm ³).	1.39
Resistencia a la tracción (kg/cm ²).	900
Resistencia a la flexión (kg/cm ²).	1450
Módulo de elasticidad (tracción, kg/cm ²).	37,000
Temperatura de fusión (°C).	225
Temperatura de deformabilidad por calor (°C).	170
Temperatura de ablandamiento Vicat (°C).	175
Conductividad térmica.	Baja
Absorción de humedad (%).	0.25
Resistencia a álcalis y ácidos débiles.	Buena
Comportamiento a la combustión.	Arde lentamente
Propagación de llama.	Mantiene la llama
Comportamiento al quemado.	Gotea

Nota. Elaborado por los autores con base en Plásticos Mecanizables, IMC 2010.

La Tabla 31 detalla la composición de la materia prima para la viga ecológica, especificando que está hecha completamente de PET reciclado, alcanzando el 100%. Esta tabla resalta que en la creación del producto no se incorporan aditivos u otros componentes, lo que conlleva diversas consecuencias: *a)* Sostenibilidad, *b)* Uniformidad del material, *c)* Menor impacto ambiental.

Tabla 31.*Mezcla de la materia prima para la viga ecológica.*

Material	Proporción (%)
PET reciclado	100%

Nota. Elaborado por los autores

En la tabla 32 se muestra las dimensiones del molde, partir de estas medidas, podemos deducir que el molde presenta una figura prismática rectangular, tiene grosor de sus paredes, de 2.8 mm, nos indica que fue concebido para soportar las exigencias del proceso productivo.

Tabla 32.*Dimensiones del molde utilizado.*

Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Espesor de pared (mm)
140	10	10	2.8

Nota: Elaborado por los autores

La información presentada en la tabla 33 demuestra que la forma en que se compactó la mezcla puede replicarse y mantenerse bajo control, con un tiempo promedio que funciona bien para la producción a escala industrial.

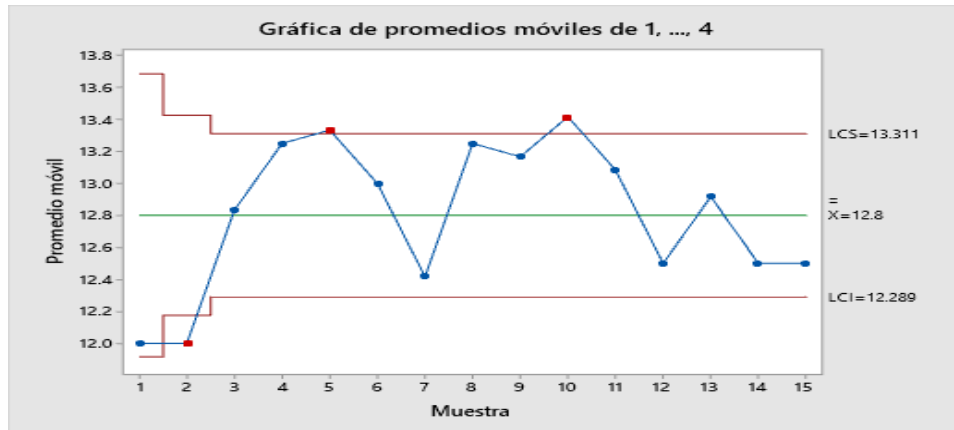
Tabla 33.*Tiempo promedio de compactación de la mezcla.*

Muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
1	12	13	11	12
2	11	12	13	12
3	14	15	14	15
4	13	14	13	13
5	12	13	12	12
6	13	14	13	14
7	11	12	11	12
8	15	15	14	15
9	13	13	14	13
10	12	12	13	12
11	14	14	14	13
12	11	12	12	11
13	13	14	13	14
14	12	13	12	13
15	11	12	11	12

Nota: Elaborado por los autores

La Figura 30 muestra el gráfico de control de promedios móviles correspondiente a las 15 pruebas realizadas, este gráfico se utilizó para evaluar la estabilidad del proceso en términos del tiempo promedio registrado por muestra, con base en un promedio móvil de 4 observaciones.

Figura 30.
Gráfico de control de promedios móviles.

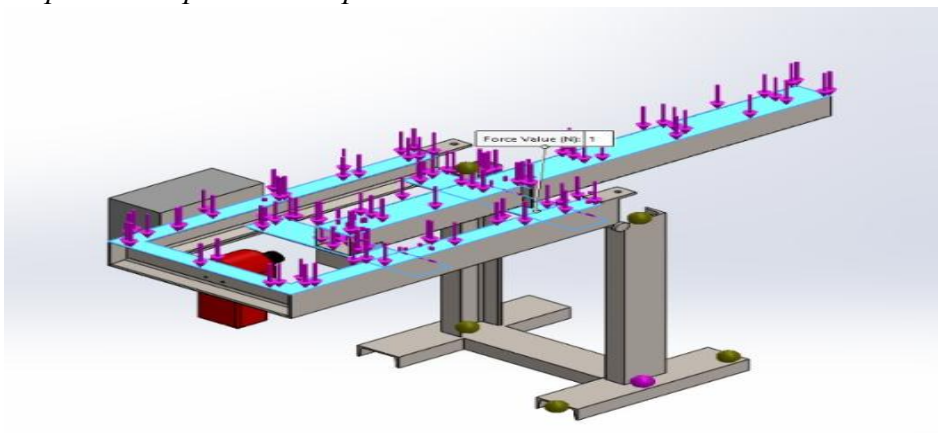


Nota. Datos experimentales mediante el software estadístico Minitab, utilizando la herramienta de gráfico de control para evaluar la estabilidad del proceso.

Las muestras 4 y 10 se encuentran en el límite superior de control. Aunque no sobrepasan el LCS, se considera importante monitorearlas, ya que pueden indicar una posible tendencia o variación especial en el proceso.

Análisis estructural de los laterales del prototipo en SolidWorks.

Figura 31.
Componente superior de la prensa hidráulica.

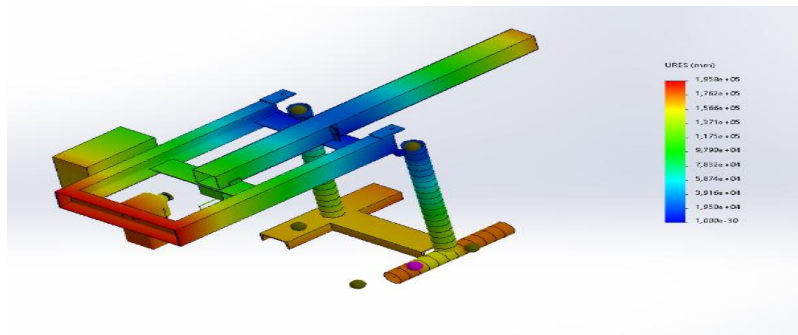


Nota: Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

En la figura 31 se muestran las fuerzas aplicadas en la superior de la prensa hidráulica, con una magnitud de 100 N por cada cara seleccionada en dirección normal, lo cual se utiliza probablemente como una carga de prueba para evaluar la respuesta estructural del sistema bajo condiciones mínimas, permitiendo observar cómo se comporta el modelo ante múltiples puntos de carga distribuidos, aunque para un análisis realista se debería aumentar la magnitud de las cargas conforme a las condiciones de trabajo reales del equipo.

Figura 32.

Estructura de una prensa hidráulica.

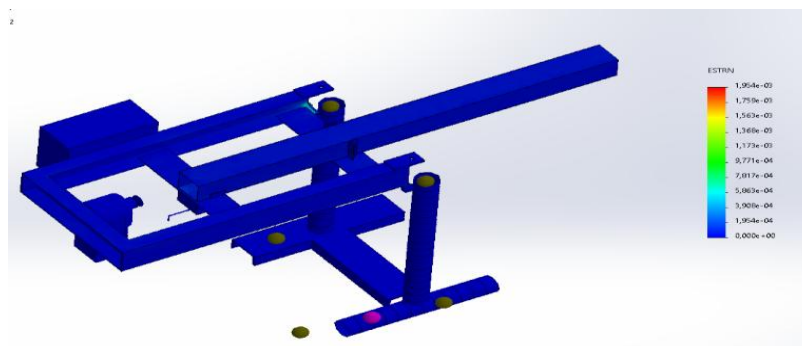


Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

En la figura 32 muestra el análisis de desplazamiento total en la estructura de una prensa hidráulica bajo un estudio estático, donde se aplicó una carga de 500 N, y se observa que el desplazamiento máximo ocurre en la parte frontal del brazo horizontal, con un valor de aproximadamente 1.958×10^{-3} mm, mientras que las zonas cercanas a los apoyos presentan valores cercanos a cero, indicando que la estructura está trabajando dentro de rangos de desplazamiento aceptables y sin deformaciones excesivas.

Figura 33.

Esfuerzo equivalente de Von Mises.

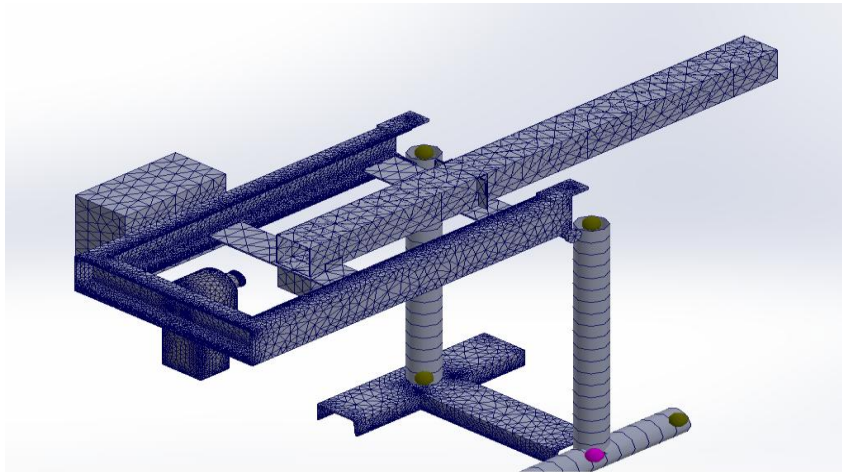


Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

En la Figura 33 se representa el esfuerzo equivalente de Von Mises, donde se evidencia que las tensiones más altas se concentran en el punto de contacto entre el actuador hidráulico y el brazo principal, aunque los valores se mantienen por debajo del límite elástico del material, lo que indica que la estructura no alcanzará condiciones plásticas ni fallará bajo la carga aplicada, y el resto del modelo presenta tensiones relativamente bajas.

Figura 34.

Malla de elementos finitos.



Nota. Elaborado por los autores, basado en el software SolidWorks.

En Figura 34 se visualiza la malla generada sobre el modelo de la prensa hidráulica, la cual presenta una calidad aceptable con elementos tetraédricos bien distribuidos a lo largo de la geometría, especialmente en zonas críticas como uniones y cambios de sección, lo que permite garantizar una mayor precisión en los resultados del análisis estructural, y se observa que no hay elementos distorsionados ni advertencias de mala calidad en la malla, lo que valida la confiabilidad del mallado para la simulación realizada.

Para precisar el tiempo ideal de compactación, se llevaron a cabo 15 pruebas a lo largo de cuatro jornadas, tal como se detalla en la Tabla 22. El cuarto día de pruebas arrojó los resultados más favorables, con un promedio de 12,5 minutos, que se aproximó a 13 minutos. Este lapso se fijó como referencia, ya que facilitó una compactación superior requiriendo menos presión. La fiabilidad de la información se verificó a través del Alfa de Cronbach en SPSS cuyos criterios se muestran de la siguiente manera: • Alfa de Cronbach entre 0,7 y 0,9 es excelente. • Alfa de Cronbach entre 0,4 y 0,6 es aceptable. • Alfa de Cronbach < a 0,4 es inaceptable.

En el Anexo 3, se encuentra la información generada con IBM SPSS Statistics que muestra el procesamiento de los tratamientos que se aplicó. Además, en el Anexo 4, presenta los valores registrados en cada prueba para estos tratamientos, los cuales se usó para realizar el análisis estadístico, con esos datos se realizó un análisis de fiabilidad usando el Alfa de Cronbach en IBM SPSS Statistics (ver en el Anexo 5). Se obtiene un valor de 0.931 así como se visualiza en la tabla 34, lo que indica que la consistencia interna es excelente. Esto confirma que los datos son confiables y valida el tiempo promedio de compactación que determina en este estudio.

Tabla 34.

Estadística de fiabilidad.

Alfa de Cronbach	N de elementos
,931	4

Nota. Tomado de IBM SPSS Statistics.

En la Tabla 35 se detallan los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas al prototipo hidráulico para la fabricación de vigas ecológicas, utilizando PET reciclado como material principal. Se evaluaron variables como la presión aplicada, la temperatura ambiente, el tiempo de compactación y las observaciones cualitativas del producto final. Estas pruebas permitieron identificar las condiciones óptimas de operación del equipo, así como los errores comunes que afectan la calidad del producto.

Tabla 35.

Resultados técnicos de pruebas del prototipo.

# Prueba	Resultado	Presión aplicada (psi)	Temperatura ambiente (°C)	Tiempo de compactación (min)	Observaciones
1	Fallida.	800	30	12	Formación de burbujas.
2	Fallida.	850	31	13	Falta de adherencia.
3	Exitosa.	900	29	15	Compactación homogénea.
4	Exitosa.	950	28	14	Alta densidad.

Nota: Elaborado por los autores.

En la tabla 36 se detallan los principales indicadores obtenidos a partir de las pruebas realizadas con diferentes parámetros de compactación. Se comparan el tiempo promedio general, los tiempos asociados a pruebas exitosas y fallidas, así como la relación entre la presión aplicada y el tiempo de compactación ver anexo 20.

Tabla 36.

Parámetros de compactación de los indicadores.

Indicador	Valor
Tiempo promedio de compactación general.	13.5 minutos
Tiempo promedio de compactación para éxito.	14.5 minutos
Relación presión/tiempo para éxito.	63.8 psi/min
Relación presión/tiempo para fallas.	66 psi/min

Nota: Elaborado por los autores.

En la Tabla 37 se presenta el resumen del plan de mantenimiento preventivo del prototipo hidráulico utilizado en la fabricación de vigas ecológicas. Este plan contempla la inspección periódica de los componentes críticos del sistema, como la gata hidráulica, el sistema eléctrico, los moldes metálicos y las superficies de compactación, con el fin de asegurar un funcionamiento continuo, seguro y eficiente del equipo. Las actividades fueron establecidas en función del desgaste estimado por uso y de las recomendaciones técnicas para equipos de presión. En anexo 20 se detallan la norma técnica ecuatoriana que contiene el Plan de mantenimiento.

Tabla 37.

Plan de mantenimiento preventivo del prototipo hidráulico.

Componente	Frecuencia	Actividad	Herramientas necesarias	Observaciones
Gata hidráulica.	Mensual.	Revisión de fugas, nivel de aceite y presión.	Llave inglesa, aceite hidráulico.	Evitar exceso de presión (>1000 psi).
Sistema eléctrico (motor 12V).	Trimestral.	Verificación de conexiones y funcionamiento.	Multímetro, cinta aislante.	Asegurar aislamiento correcto.

Moldes metálicos.	Cada cinco ciclos de operación.	Limpieza, inspección de desgaste y desalineación.	Cepillo metálico, escuadra.	No usar si hay deformaciones.
Superficie de compactación.	Semanal.	Limpieza profunda y alineación de la base.	Trapo, nivel, lubricante.	El PET fundido puede dejar residuos duros.
Tornillería y uniones.	Trimestral.	Ajuste general y sustitución si es necesario.	Juego de llaves Allen y boca.	Revisar con más frecuencia si hay vibraciones.

Nota: Elaborado por los autores.

En la Tabla 38 se detallan los principales indicadores de desempeño técnico del prototipo hidráulico desarrollado para la fabricación de vigas ecológicas. Estos indicadores permiten medir la calidad operativa del sistema, en función de parámetros como tiempo de compactación, presión aplicada, resistencia obtenida y eficiencia del uso del material reciclado (PET). Esta evaluación se enmarca dentro del cumplimiento de los objetivos específicos del proyecto, relacionados con la validación técnica y funcional del prototipo.

Tabla 38.

Indicadores de desempeño del prototipo hidráulico.

Indicador	Unidad de medida	Valor objetivo	Tolerancia aceptable	Descripción técnica
Tiempo de compactación.	Minutos.	9–10 min	±1 minuto	Tiempo requerido para alcanzar una compactación uniforme y sin burbujas.
Presión aplicada durante compactación.	Kilogramos por cm ² (kg/cm ²).	4.5	±0.5 kg/cm ²	Presión necesaria para asegurar cohesión sin deformación del molde.
Temperatura ambiente.	Grados Celsius (°C).	22–26 °C	±2 °C	Rango térmico ideal para evitar dilatación o

				enfriamiento rápido del PET.
Porcentaje de compactación del PET.	%.	$\geq 95\%$	No menos del 90%	Evalúa el grado de densificación del material reciclado en el molde.
Resistencia a la compresión de la viga.	kg/cm ² .	≥ 900	No menos del 850	Mínimo valor requerido para validar la resistencia del producto para usos no estructurales.
Homogeneidad de mezcla.	Escala cualitativa.	Alta	Media	Verificación visual y mecánica del reparto de materiales en la mezcla.
Tiempo de enfriamiento y extracción.	Minutos.	15	± 3 minutos	Tiempo estimado para el curado inicial antes del manejo del producto.

Nota: Elaborado por los autores.

La Tabla 39 muestra los datos que obtuvimos al evaluar nuestra viga hecho con plástico reciclado. Realizamos cuatro pruebas para entender mejor cómo se comporta, tanto en resistencia a la compresión como en flexión, además de algunas observaciones técnicas específicas. Las primeras dos pruebas, la 1 y la 2, no salieron como esperábamos.

En la primera, encontramos fallas por compresión, y en la segunda, fracturas por flexión. Esto fue principalmente porque la distribución de presión en el molde no fue la mejor y también porque el tiempo de curado fue demasiado corto, lo que afectó la estructura del material. Pero las pruebas 3 y 4 sí fueron un éxito. Mostraron que el material es resistente tanto a la compresión como a la flexión. Lo que notamos fue una estructura uniforme, sin grietas, y que el proceso de prensado y curado se aplicó correctamente, el prototipo muestra un rendimiento mecánico aceptable, lo que confirma que puede ser útil para aplicaciones estructurales básicas.

Tabla 39.*Resultados de Pruebas Finales del Prototipo Hidráulico.*

Prueba	Material utilizado	Resultado del ensayo	Observaciones técnicas	Evaluación
Prueba 1	Plástico reciclado.	Fallo en compresión.	Fisuras laterales debido a presión mal distribuida en el molde.	Error
Prueba 2	Plástico reciclado.	Fractura en flexión.	El curado fue insuficiente; la pieza no alcanzó dureza óptima.	Error
Prueba 3	Plástico reciclado.	Buena resistencia a compresión.	Estructura uniforme, sin grietas. Proceso de prensado fue adecuado.	Correcta
Prueba 4	Plástico reciclado.	Buena resistencia a flexión.	Viga sólida, sin deformaciones. Tiempo de curado y presión correctamente aplicados.	Correcta

Nota. Elaborado por los autores.

En la Figura 35 se muestran las vigas fabricadas mediante el prototipo de moldeado, durante las primeras dos pruebas se presentaron fisuras visibles en las vigas obtenidas, tales fisuras pueden atribuirse a varios factores técnicos, tales como: a) Insuficiente compactación del concreto dentro del molde, b) Deficiencia en la mezcla, posiblemente por una proporción inadecuada de agregados mal distribuidos, c) Tiempo de fraguado insuficiente antes del desmoldeo, lo que puede debilitar la integridad estructural inicial de la viga, d) fallas en la vibración del molde, que provocan vacíos o burbujas internas.

En contraste, las últimas dos vigas que se elaboró con el prototipo no presentaron fisuras ni deformaciones visibles, lo cual evidencia una mejora significativa en el proceso de fabricación, esto se debe porque se hizo un ajuste en cada prueba teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- I. Corrección en la dosificación y homogeneización de la mezcla.
- II. Mayor control del tiempo de curado antes del desmoldeo.
- III. Optimización de la vibración o compactación del concreto dentro del molde.
- IV. Ajustes en el montaje y sellado del molde para evitar pérdidas de material.

Figura 35.

Vigas elaboradas por el prototipo.



Nota. Elaborado por los autores.

3.4. Presupuesto del prototipo.

Mediante la Tabla 40 se estableció un presupuesto que desglosa los costos de cada uno de los materiales y componentes empleados en la fabricación del prototipo de vigas ecológicas, cuyo objetivo es promover la construcción sostenible.

Tabla 40.

Presupuesto de fabricación del prototipo.

Nombre	Detalle	Referencia	Precio	Cantidad	Total
Canal estructural en c.	Soporte para el Prototipo.	7m (6mm)	\$120.95	1 U	\$120.95
Tubo cuadrado.	Estructura del molde.	3m (10*10 cm)	\$55.93	1 U	\$55.79
Plancha de acero.	Soporte para el molde.	50cm (3mm)	\$10.73	3 U	\$32.19
Ángulo de acero.	Guía del molde.	1 * 1 (3mm)	\$4.30	6 U	\$25.80
Varilla de acero ranurada.	Pieza del prototipo.	50cm (10mm)	\$10.50	1 U	\$10.50
Plancha de acero.	Soporte para el Sistema eléctrico del prototipo.	¼ 6mm 1.22	\$15.56	1 U	\$15.56
Engranajes negro nova.	Sistema de movimiento lineal (de	5cm (25*2mm)	\$2.82	3 M	\$8.46

	subir y bajar).					
Disco Norton c/acero inox.	Herramienta de apoyo.	4 ½ “*1/16	\$1.50	6 U	\$9	
Electrodo INDURA.	Herramienta de apoyo.	6011 5/32	\$4.40	6 L	\$26.40	
Disco de pulido PREMIER	Herramienta de apoyo.	½*1/*7/8	\$1.65	3 U	\$4.95	
Tornillo negro.	Seguro de prototipo.	10mm	\$5.25	2 U	\$10.50	
Tornillo negro.	Soporte para gata hidráulica.	8 mm	\$2.90	4 M	\$11.60	
Broca de acero.	Herramienta de apoyo.	10mm	\$5.80	1 M	\$5.80	
Broca de acero.	Herramienta de apoyo.	8mm	\$2.70	1 U	\$2.70	
Placa de 10cm.	Pieza del prototipo.	10cm	\$7.50	4 U	\$15	
Disco desbaste Norton.	Herramienta de apoyo.	4 ½*1/4*7/8	\$1.70	4 U	\$6.80	
Sistema hidráulico.	Prensadora.	Eléctrica 12 V	\$120	1 U	\$120	
Subtotal		\$482				
10% de imprevistos		\$48,20				
15% de reajuste.		\$72,30				
TOTAL.		\$602,5				
Costo con inversión de materia prima para elaboración de vigas ecológicas.						
		\$5,000				

Nota: Elaborado por los autores.

El presupuesto detallado en la tabla refleja el monto requerido para fabricar el prototipo, con una inversión inicial de \$482 destinada a la compra de materiales necesarios para su elaboración. No se consideraron los costos de mano de obra ni de montaje, dado que los propios autores llevaron a cabo estas tareas, lo que permitió eliminar esos gastos del presupuesto. Asimismo, se incluyó un 10% adicional para cubrir posibles contingencias, equivalente a \$48.20, y un 15% para ajustes o variaciones en los costos, que corresponde a \$72.30. De esta manera, el presupuesto total estimado para la fabricación del prototipo de vigas ecológicas asciende a \$602.50.

En este contexto, se realizaron los cálculos financieros que incluyen el VAN (Valor Actual Neto), la TIR (Tasa Interna de Retorno) y el PR (Período de Recuperación), con el fin de analizar la viabilidad del proyecto de investigación en relación con el presupuesto asignado. Se proporcionó un desglose detallado de estas métricas financieras para facilitar su comprensión y evaluación. No obstante, antes de esto, fue necesario determinar los ingresos mensuales generados por la producción de las vigas ecológicas, como se muestra a continuación:

$$\text{PVP Viga ecológica} = \$10,50.$$

Una unidad de viga ecológica tiene un precio de venta al público de \$10,50 cuyo tiempo de fabricación es de 15 minutos con 25 segundos (25 segundos de prensado y 15 minutos de extracción). La cantidad de vigas realizadas en una hora se calcularon de la siguiente manera:

Números de vigas producidas en una hora:

$$60\text{min} / 15.25 = 3.93.$$

$$= 4 \text{ vigas por hora.}$$

Se prensan 4 vigas ecológicas en una hora, por lo tanto, en una jornada laboral de 8 horas se fabricarían 32 vigas ecológicas.

$$\text{Producciones diarias de vigas ecológicas} = 4 * 8 = 32 \text{ vigas ecológicas.}$$

Se tomó en cuenta que el prototipo se someterá a mantenimiento establecidos, por lo tanto, no habrá producción en 6 de los 30 días del mes.

$$\text{Producción semanal de vigas} = 32 * 6 = 192 \text{ vigas ecológicas.}$$

$$\text{Producción mensual de vigas} = 192 * 24 = 4608 \text{ vigas ecológicas.}$$

Al mes se producirán 4608 vigas ecológicas con un valor unitario de \$10.50, por lo que los ingresos mensuales de la venta de vigas serían de \$48.384, y los ingresos semanales de \$2.016. Es importante mencionar que el costo de producción de cada viga es de \$5 esto varía según el tipo de material a fundir.

$$\text{Costo mensual} = 4608 * 0,5 = \$2304.$$

$$\text{Ingreso neto mensual} = \$2304 - \$48.384 = \$46.080.$$

El ingreso neto mensual de la venta de vigas sería de \$46.080 de esta manera se procede al cálculo del flujo de fondo como se mostró en la Tabla 41.

Tabla 41.

Cálculo de flujo de fondo.

Cálculo de flujo de fondo			
Periodo	Flujo de fondo (\$)	Saldo actual (VP) (\$)	Saldo acumulado (\$)
0	\$-5.602,5	\$-5.602,5	\$-5.602,5
1	\$46.08	46.080 / 1.1 = \$41.89	\$36.288,5
2	\$46.08	46.080 / (1.1) ^2 = \$38.083	\$74.371,5
3	\$46.08	46.080 / (1.1) ^3 = \$34.621	\$108.992,5
4	\$46.08	46.080 / (1.1) ^4 = \$31.474	\$140.466,5
5	\$46.08	46.080 / (1.1) ^5 = 2 \$8.61	\$169.079,5

Nota: Elaborado por los autores.

Cuando traemos un flujo del futuro al presente usamos la fórmula del valor presente:

$$VP = F / (1+i)^n$$

Donde:

$$Tasa (\%) = Valor \text{ por definición.}$$

$$Tasa (\%) = 10\%.$$

$$VNA (\$) = VNA (\text{Interés; flujo de caja}) + desembolso inicial.$$

$$VNA (\$) = 174.682,5 - 5.602,5 = \$169.080,00.$$

$$VAN (\$) = Beneficio Neto Actualizado + Inversión inicial.$$

$$VAN (\$) = 169.080 - 5.602,5 = \$163.477,5.$$

$$TIR (\%) = 72\%.$$

Inversión inicial

\$5.602,5

$$PR (t) = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{flujo de efectivo por período } \$46.080}$$

$$PR (t) = 0,1215$$

$$PR (t) = 1 \text{ mes y } 2 \text{ semanas aproximadamente}$$

El Valor Neto Actual (VNA) de \$169.080,00 demuestra que el proyecto es altamente rentable, incluso bajo una tasa de descuento conservadora del 10%. La Tasa Interna de Retorno (TIR) excede por mucho la tasa esperada, alcanzando aproximadamente un 72%, lo cual resalta la gran eficiencia del proyecto respecto a su inversión inicial. Además, el Periodo de Recuperación es extremadamente corto: 1 mes y 2 semanas, lo que implica que el desembolso inicial se recupera prácticamente en el primer mes operativo.

Punto de equilibrio

Para calcular el punto de equilibrio de fabricación de vigas ecológicas, necesitamos identificar claramente:

Costo fijo total (CF):

La inversión inicial del prototipo y materiales = \$5.602,50

Esto incluye el prototipo (\$602,5) y la inversión para producción (\$5.000)

Costo variable por unidad (CVU):

Costo por unidad de viga ecológica = \$5,00

Precio de venta por unidad (PVU):

Precio por unidad de viga ecológica = \$10,50

Fórmula del Punto de Equilibrio en unidades:

$$\text{Punto de Equilibrio (unidades)} = \frac{\text{costos fijos}}{\text{precio de venta} - \text{costo variable unitario}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{5.602,5}{10,5 - 5} = \frac{5.602,5}{5,5} \\ &= 1.019,5. \end{aligned}$$

Punto de equilibrio = 1.020 vigas ecológicas.

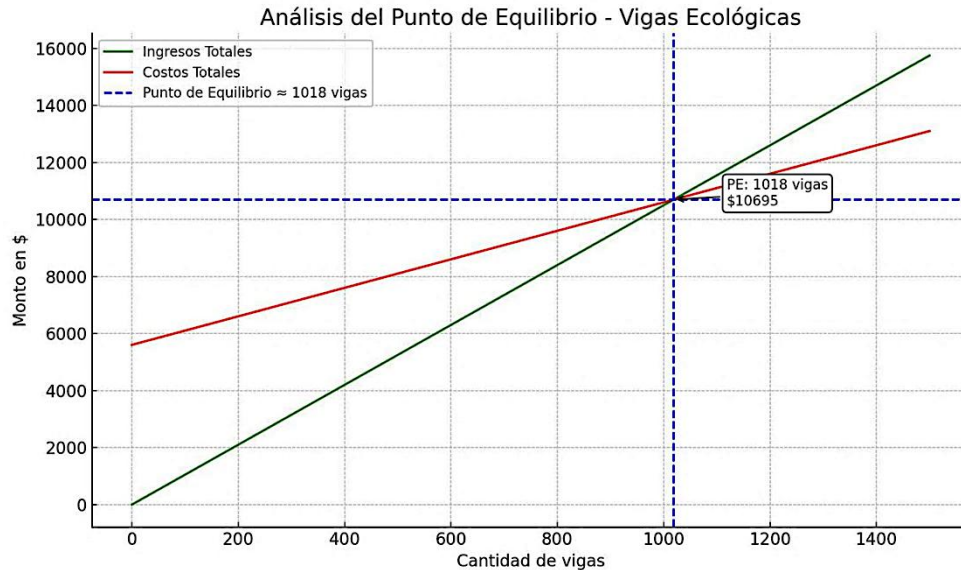
Punto de equilibrio en ingresos:

$$1.020 * 10,5 = \$10.710.$$

En la Figura 36 se presenta el punto de equilibrio en venta en cual muestra: a) Línea verde: Ingresos totales. b) Línea roja: Costos totales. c) Línea azul punteada: Punto de equilibrio aproximado. d) Etiqueta PE: Muestra el número de vigas necesarias y el monto en dólares para alcanzar el punto de equilibrio. En nuestro proyecto se necesita vender aproximadamente 1.020 vigas o generar \$10.710 en ventas para cubrir los costos fijos y variables, sin obtener aún beneficios. A partir de la viga número 1.021, el proyecto comienza a ser rentable.

Figura 36.

Análisis del Punto de equilibrio.



Nota: Elaborado por los autores.

3.5. Discusión

El desarrollo del prototipo hidráulico para la fabricación de vigas ecológicas da respuesta a una necesidad real detectada en el contexto local y general: la disminución de su impacto medioambiental a partir de la disminución del uso de materiales convencionales en la construcción. Desde el enfoque metodológico se ejecutó un programa de diseño de investigación robusto que incluyó la validación de instrumentos de análisis a través del coeficiente Alfa de Cronbach para garantizar la fiabilidad de los datos que obtuvimos, usando métodos de recolección cuantitativa y técnicas de análisis apoyadas con software como el SPSS; se incluye también la elaboración de una metodología técnica para diseño y su ensamblaje del prototipo: una metodología que abarca desde la etapa del diseño en SolidWorks hasta la de fabricación.

Los datos obtenidos de la experiencia confirmaron la hipótesis planteada en este trabajo: el prototipo hidráulico mejora escandalosamente la eficiencia de la elaboración de vigas ecológicas. Las pruebas dejaron ver que se puede utilizar un 30% de PET reciclado en la mezcla con un tiempo promedio de compactación de 12.5 minutos, obteniendo vigas con unas propiedades físicas y mecánicas, más que aceptables. El coste en la elaboración del prototipo fue de \$602.50 que lo hace viable económicamente para instituciones como la UPSE.

CONCLUSIONES

Mediante el análisis bibliométrico de los 4530 artículos que fueron consultados en Scopus, Dimensión y PubMed, de los que 50 estudios fueron depurados para el análisis de investigación, se logró comprobar que existe una buena base teórica que respalda el uso de materiales reciclados, como el PET triturado, para producir materiales de construcción ecológicos, pues estos estudios evidencian que se puede tener una eficiencia de disipación energética del 92 % en estructuras hidráulicas con materiales reciclados, y que el uso de PET puede permitir una reducción de los costos de construcción.

El procedimiento metodológico utilizado fue el correcto para el diseño, la construcción y evaluación del prototipo hidráulico, ya que se utilizaron métodos cuantitativos apoyados por técnicas estadística como el coeficiente Alfa de Cronbach (el valor de fiabilidad fue de 0.953) con el que se validó la fiabilidad del instrumento; el desarrollo metodológico pudo establecer un procedimiento claro del uso de los materiales, el diseño del sistema y la validación por parte de expertos para cumplir con los requerimientos técnicos que se plantearon en el objetivo de estudio.

El prototipo obtuvo resultados satisfactorios, se logró un tiempo de compactación media de mezcla de 12,5 minutos, se utilizó un 30 % de PET reciclado por mezcla y se elaboró una viga ecológica con una resistencia mecánica aceptable para usos estructurales secundarios. En otro orden de consideraciones, el costo del prototipo fue de \$602,50; esto evidencia viabilidad económica en la elaboración del prototipo.

RECOMENDACIONES

Fomentar políticas institucionales de sostenibilidad debido al impacto positivo del uso de materiales reciclados, como el plástico PET, en la fabricación de vigas ecológicas y su repercusión en la reducción de costes y en el ahorro energético, se sugiere que la Universidad Estatal Península de Santa Elena fomente políticas institucionales que insten a la obligatoriedad de implementar tecnologías sostenibles en los proyectos académicos e investigadores referidos a la ingeniería industrial.

Implementar el prototipo hidráulico a aplicaciones en el campo considerando que el prototipo ha sido validado con una alta fiabilidad (coeficiente Alfa de Cronbach > 0.931) y con resultados satisfactorios en resistencia, se recomienda escalarlo a piloto para aplicar en los entornos como obras comunitarias o infraestructura institucional en el fin de valorar su rendimiento aplicado y así orientar su normalización con la industria de la construcción.

Optimizar y automatizar el proceso de producción dado que el tiempo medio de compactación por viga es de 12 minutos, se recomienda invertir tiempo en el desarrollo o adquisición de maquinaria automatizada que reduzca este intervalo y aumente la productividad, así facilitando la fabricación a gran escala sin detrimento del resultado final del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrawal, D., Waghe, U., Ansari, K., Amran, M., Gamil, Y., Alluqmani, A. E., & Thakare, N. (2024). Optimization of eco-friendly concrete with recycled coarse aggregates and rubber particles as sustainable industrial byproducts for construction practices. *Heliyon*, 10(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25923>
- Alarcón Castro, J., Brañes Alarcón, J., Alarcón Castro, J., Brañes Alarcón, J., & Brañes Alarcón, J. (2022). *Cuaderno 166 | Centro de Estudios en Diseño y Comunicación (2022/2023)*. 163–170.
- Alberto Sánchez Hernández, J., & Alfredo Aguilar Carboney, J. (2022). *Comparative evaluation of concrete beams reinforced with welded wire truss and grfp bars*. xi. <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a06>
- Alejandro Sánchez-Olivo, M., & Pérez-Leira, R. (2024). *Diagnosis and evaluation of pressurized irrigation systems in Portoviejo City, Manabí, Ecuador*. <https://cu-id.com/2177/v33n3e03>
- Ambrosio-Laz, A., Rodríguez-Orti, G., Rincón-Ramírez, J. A., Velasco-Velasco, V. A., Enríquez-Del Valle, J. R., & Ruiz-Lun, J. (2023). Carbon mapping in pine-oak stands under timber management in southern Mexico. *PeerJ*, 11. <https://doi.org/10.7717/peerj.16431>
- Angélica, L., Bello, R., & Escalante, E. E. (2022). *La economía circular y su impacto en el plan de estudio de ingeniería industrial. ¿Cambio puntual o transversal?*
- Antonio, J. (2023). Impacto de la deforestación en la pérdida del hábitat de vida silvestre amenazada en la Amazonía. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 915–935. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V7I2.5374
- Aracely, G., Loor, C., Superior, I., Tsachila, T., Domingo-Ecuador, S., Fernando, D., Gordillo, T., Kleber, J., Barba, B., Isaac, S., Sanchez, B., & Barba Barba, D. ; (2022). *ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN Diseño y análisis de costo de una casa plegable móvil en el sistema steel framing Design and cost analysis of a mobile folding house in the steel framing system*. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(4\)e360](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(4)e360)
- Ardusso, M., Forero-López, A. D., Buzzi, N. S., Spetter, C. V., & Fernández-Severini, M. D. (2021a). COVID-19 pandemic repercussions on plastic and antiviral polymeric textile causing pollution on beaches and coasts of South America. *Science of the Total Environment*, 763. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.144365>

- Ardusso, M., Forero-López, A. D., Buzzi, N. S., Spetter, C. V., & Fernández-Severini, M. D. (2021b). COVID-19 pandemic repercussions on plastic and antiviral polymeric textile causing pollution on beaches and coasts of South America. *Science of the Total Environment*, 763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144365>
- Arellano-Choca, R., Carrillo-García, M., Ruiz-García, A., Navarro-Gómez, H. I., & Vázquez-Peña, M. A. (2020). Characteristic curve at the inlet of a culvert-type hydraulic model. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 12(1), 55–68. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2018.10.020>
- Arévalo Navarrete, M. M., Latorre Garzón, O. G., Portilla Karolis, J. E., & Zapata Suárez, J. G. (2024). Comparación de Dos Sistemas Constructivos Empleados en la Construcción de Edificios en la Ciudad de Quito. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 11679–11700. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10472
- Ayala-Rojas, L. E., Franco-Rojas, A., & Padilla-González, E. A. (2020). Evaluación de la eficiencia en disipación de energía en estructuras hidráulicas construidas con gaviones y material reciclado (neumático usado) mediante modelamiento físico a escala reducida. *Revista UIS Ingenierías*, 19(1), 143–154. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n1-2020014>
- Babaremu, K. O. (2022). Sustainable plastic waste management in a circular economy. *Heliyon*, 8(7). <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E09984>
- Babaremu, K. O., Okoya, S. A., Hughes, E., Tijani, B., Teidi, D., Akpan, A., Igwe, J., Karera, S., Oyinlola, M., & Akinlabi, E. T. (2022). Sustainable plastic waste management in a circular economy. In *Heliyon* (Vol. 8, Issue 7). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09984>
- Barrera-Herrera, J. A., Aranguren-Riaño, N., Páez-Ruíz, Y. M., Molina-Pacheco, L. B., Pedroza-Ramos, A., & Díaz-Ballesteros, C. A. (2020). Incidence of hydraulic retention time in the plankton of the La Chapa reservoir (Santana, Boyacá), Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 407–422. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1022>
- Brigido-Morales, J. G., Carrillo-García, M., Prado-Hernández, J. V., & Flores-Velázquez, J. (2023). Hydraulic analysis of a long-throated flume for sediment-laden flow using CFD. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 15(2), 1–22. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2022.11.090>
- Cajiao Ruiz, A. M. (2024). Diseño de un espacio de recreación para la estimulación corporal utilizando polímeros reciclados. *Reincisol.*, 3(6), 1926–1946.

[https://doi.org/10.59282/reincisol.v3\(6\)1926-1946](https://doi.org/10.59282/reincisol.v3(6)1926-1946)

- Campos, M. (2024). Prioritizing Amazon Forest conservation: Assessing potential biomass under climate change. *Global Ecology and Conservation*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03106>
- Campos, M. S., Anjos, L. J. S., Souza, E. B. de, Bezerra, F. G. S., Lima, A. M. M. de, Galbraith, D. R., & Adami, M. (2024). Prioritizing Amazon Forest conservation: Assessing potential biomass under climate change. *Global Ecology and Conservation*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03106>
- Carpio, B., & Muñiz, A. (2024). Effects of cardboard and recycled ceramics on the properties of hydraulic concrete. *Revista Politecnica*, 54(1), 97–104. <https://doi.org/10.33333/rp.vol54n1.10>
- Carvajal, Y., Ocampo, C., & Peña, L. E. (2020). Storm Water Management Model Simulation and Evaluation of the Eastern urban drainage system of Cali in the face of climate variability scenarios. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 21(2), 1–11. <https://doi.org/10.25100/iyc.v21i2.8046>
- Cayambe, A. et al. (2024). Análisis de las características mecánicas de un muro marco plataforma de madera de eucalipto, sin carga vertical. *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*, 7(1), 107–121. <https://doi.org/10.37135/ns.01.13.06>
- Feng, J., Liu, H., Liu, Y., Sun, H., Ma, C., Shi, P., Wang, W., Xue, S., & Wen, J. (2025). Optimal structure selection of emitter flow path in drip irrigation system with inferior water resources. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 29(2). <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v29n2e281773>
- Fuentes, E., Zaldumbide, P., & Guerra Moscoso, M. A. (2023). Barreras para introducir madera maciza en la construcción en Ecuador – estudio exploratorio. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 15(2). <https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985>
- Gallegos, Á., Ulquiango, O., & Lima, P. (2024). Hydraulic Flow Behavior in the Numerical Model of a Vortex Energy Sink. *Revista Politecnica*, 54(1), 15–24. <https://doi.org/10.33333/rp.vol54n1.02>
- Gamio Aita, P. (2022). Pandemia, Cambio Climático y el Perú. In *Desafíos y perspectivas de la situación ambiental en el Perú: en el marco de la conmemoración de los 200 años de vida republicana* (pp. 359–373). Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://doi.org/10.18800/978-9972-674-30-3.018>

- Gamio, P. (2022). Pandemia, Cambio Climático y el Perú. *Desafíos y Perspectivas de La Situación Ambiental En El Perú: En El Marco de La Conmemoración de Los 200 Años de Vida Republicana*, 359–373. <https://doi.org/10.18800/978-9972-674-30-3.018>
- González Tarrillo, S. C., Bocanegra Vilcamango, B., & Moreno Quispe, S. K. (2023). Del razonamiento deductivo al estudio de casos como estrategia didáctica para desarrollar el pensamiento crítico. *Horizontes. Revista de Investigación En Ciencias de La Educación*, 7(31), 2536–2554. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v7i31.683>
- González Bernal, R., Zamudio Guerrero, C. A., Piña Castillo, J. J., Trujillo Jiménez, J. C., & Tinoco Reyes, F. I. (2022). Diseño de prensa hidráulica para reciclar polietileno de alta densidad (HDPE) en forma de placas. *Ciencia Nicolaita*, 86. <https://doi.org/10.35830/cn.vi86.682>
- González, R., Zamudio, C., Piña, J., Trujillo, J., & Tinoco, F. (2022). Diseño de prensa hidráulica para reciclar polietileno de alta densidad (HDPE) en forma de placas. *Ciencia Nicolaita*, 86. <https://doi.org/10.35830/cn.vi86.682>
- Gutiérrez Velásquez, M., Córdova Mendoza, P., García Espinoza, A. J., Peña Casas, E. P., Barrios Mendoza, T. O., & Peña Casas, E. L. (2022). Alternativa de tratamiento terciario de aguas residuales mediante humedal de flujo subsuperficial para reúso agrícola. *Revista Alfa*, 6(18), 503–515. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.186>
- Han, X., Dang, P., Liao, L., Song, F., Zhang, M., Zhang, M., Li, G., Wen, S., Yang, N., Pan, X., Wang, X., Wang, W., Qin, X., Joseph, C. O., & Siddique, K. H. M. (2025). Combining slow-release fertilizer and plastic film mulching reduced the carbon footprint and enhanced maize yield on the Loess Plateau. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 147, 359–369. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2023.12.001>
- Hidalgo, D., & Verdugo, F. (2025). Harnessing Secondary Resources for Sustainable and Circular Practices in the Construction Sector: A Scoping Review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 10). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/app15105410>
- Hrabovský, L., Fries, J., & Pravda, Š. (2024). A Laboratory Machine Verifying the Operation of a Hydraulic Rope Equalizer with Tensometric Sensors. *Sensors*, 24(8). <https://doi.org/10.3390/s24082588>
- Jia, Q., Islam, M. S., Hossain, M. S., Li, F., & Wang, Y. (2023). Understanding residents' behaviour intention of recycling plastic waste in a densely populated megacity of emerging economy. *Heliyon*, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18921>
- Ladino-Moreno, E.-O., García-Ubaque, C.-A., & García-Vaca, M.-C. (2021). Estimación de

- fugas en tuberías a presión para sistemas de agua potable mediante redes neuronales artificiales y Epanet. *Revista Científica*, 43(1), 2–19. <https://doi.org/10.14483/23448350.18275>
- Lamba, P., Kaur, D. P., Raj, S., Kumar Tipu, R., Sorout, J., Malik, A., & Khan, A. A. (2024). Reutilización de residuos plásticos: estudio experimental y análisis predictivo mediante aprendizaje automático en ladrillos. *Revista de Estructura Molecular*, 1317. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2024.139158>
- Lipp, M. (2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Encyclopedia of Food Safety, Second Edition, Volume 1-4, 1–4*, 752–760. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822521-9.00134-9>
- López F, et al. (2022). *Norias hidráulicas en el regadío histórico de albudete región de murcia un sistema singular en el Mediterráneo español*.
- Lorena, R., Maldonado, P., & Camino, A. A. (2024). *Las obras que se publican en Revista Gner@ndo están bajo la licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional Modelación múltiple para la optimización de en el diseño de estructuras aporticadas de acero y concreto armado. Multi design modeling optimization for steel and reinforced concrete frame structures*. <https://orcid.org/0000-0003-1342->
- Maass, S. F. (2021). *Hydraulic Technology Inside an Hacienda in the Potosino Highlands during the Porfiriato The Dam-Well Hydraulic System*. <https://doi.org/10.21696/rcls1102120201332>
- Macías, A. L., Rodríguez, D. C., & Molina, F. J. (2022). Design of Influent Distribution System in Domestic Wastewater Treatment Units. *Tecnológicas*, 25(55), e2428. <https://doi.org/10.22430/22565337.2428>
- Marie De la Cruz Romero, J., Amir, G., & demás colegas, T. (2020). *Consideraciones relativas al diseño y a la alta durabilidad de dovelas de hormigón reforzado con fibras no metálicas (HRFnM)*.
- Maroneze, M. M., Zepka, L. Q., Vieira, J. G., Queiroz, M. I., & Jacob-Lopes, E. (2020). A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Revista Ambiente e Agua*, 9(3), 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Miguel Soler Mc-Cook, J., López Fernández, R., Eliza Palmero Urquiza, D., Ruano Fernández, Y., Bolivariana Ecuador, U., & Tecnológico Bolivariano, I. (2022). *02 LEARNING ANALYTICS AS A TOOL FOR CHANGE IN THE TEACHING-LEARNING PROCESS LA ANALÍTICA DEL APRENDIZAJE Universidad Metropolitana. Ecuador*

2.

- Mullo, J. L., Ramos-Grez, J. A., & Barrionuevo, G. O. (2022). Design and construction of a friction welding equipment with laser assistance for the joint of AISI 1045 steel and aluminum 2017-T4 shafts. *Ingenius*, 2022(27), 74–84. <https://doi.org/10.17163/ings.n27.2022.07>
- Núñez, D. (2023). *MODELO INTEGRADO DE VALOR PARA ESTRUCTURAS SOSTENIBLES*.
- Pampa Vara, J. C., & Torres Matos, M. A. (2024). ENFOQUE ENERGÉTICO PARA EL DISEÑO DE MUROS HÍBRIDOS DE CONCRETO EN ZONAS SÍSMICAS. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 112. <https://doi.org/10.18867/ris.112.646>
- Pérez, Y. I. O., Saravia, S. P. G., & Pérez, S. P. M. (2022). Systematic Literature on the Improvement of the Mechanical Properties of Concrete with Fibers of Artificial-Natural Origin. *Ingenieria (Colombia)*, 27(2). <https://doi.org/10.14483/23448393.18207>
- Pinzón Galvis, S. (2023). *CONCRETO MODIFICADO CON VIDRIO MOLIDO RECICLADO*. 346–351. <https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2022-51>
- Risco, R. H., Pérez, D. A., Casaverde, L. A., & La-Rosa, G. (2022). Aplicación de técnicas de minería de datos para determinar un modelo de operación de un turbogenerador hidráulico. *Información Tecnológica*, 33(6), 31–44. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000600031>
- Roca García, J. L., Olaya Gil, D. G., & Guartatanga Faicán, M. D. (2024). Uso de los simuladores y modelos computacionales en el aprendizaje de la ingeniería. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 4(2), 16–22. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v4i2.647>
- Saligmann Del Castillo, A., David, J., Matias, C., & Jazmir, G. (2024). *Desarrollo de un sistema hidráulico automatizado de freno de servicio para cargadores de bajo perfil en minería*. <http://hdl.handle.net/10757/683330>
- Samamé Saavedra, J. A. (2023). Impacto de la deforestación en la pérdida del hábitat de vida silvestre amenazada en la Amazonía. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 915–935. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5374
- Sánchez, A. C., Galeano, W. F., & Zambrano, J. M. (2023). DESIGN OF A MICRO-HYDRAULIC GENERATION SYSTEM BASED ON AN ARCHIMEDES SCREW. *Ingenius*, 2023(29), 98–107. <https://doi.org/10.17163/ings.n23.2023.09>

- Sánchez Bracho, M., Fernández, M., & Díaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Revista Científica UISRAEL*, 8(1), 107–121. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>
- Silva, P. F., Sousa, R. M. L., Oliveira, F. das C., Melo, S. T., Sousa, H. F., Lopes, P. D., Chaves, F. A. de O., Paz, G. M. da, & Soares, R. A. L. (2021a). Estudo da viabilidade de utilização de garrafa PET triturada na produção de tijolos ecológicos. *Research, Society and Development*, 10(14), e455101422273. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22273>
- Silva, P. F., Sousa, R. M. L., Oliveira, F. das C., Melo, S. T., Sousa, H. F., Lopes, P. D., Chaves, F. A. de O., Paz, G. M. da, & Soares, R. A. L. (2021b). Feasibility study of using crushed PET bottle in the production of ecological bricks. *Research, Society and Development*, 10(14), e455101422273–e455101422273. <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I14.22273>
- Vélez-Terreros, P. Y., Romero-Estévez, D., & Yáñez-Jácome, G. S. (2024). Microplastics in Ecuador: A review of environmental and health-risk assessment challenges. In *Heliyon* (Vol. 10, Issue 1). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23232>
- Yanez, J. (2024). *ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL CON BASE EN LA CONSTRUCCIÓN EN STEEL FRAMING*.
- Yemir Pino Puebla, M. I., & Albi Mujica Cervantes DrC Mayra Emeria González Díaz III I, D. I. (2020). *Hydraulic Design of Irrigation Systems for Gardens in Cuba Diseño hidráulico de sistemas de riego para jardines en Cuba Empresa de Ingeniería y Arquitectura # 11 (EPIA-11)* (Vol. 29, Issue 4). III FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://eqrcode.co/a/DPOnxz>
- Zamora-Varela, D. M., & Borge-Leandro, D. (2023). Análisis hidrológico e hidrodinámico del Monumento Nacional Guayabo y su impacto frente al cambio climático. *Revista Tecnología En Marcha*, 37–49. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i2.5925>

ANEXOS

Anexo 1. Información en IBM SPSS Statistics (encuestas).

*Sin título1 [ConjuntoDatos0] - IBM SPSS Statistics Editor de datos (Modo de prueba)

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Aplicación de búsqueda

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	P1	N Numérico	8	0	¿Considera que el diseño del prototipo es adecuado?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
2	P2	N Numérico	8	0	¿Cree que el prototipo se adapta al molde de la viga?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
3	P3	N Numérico	8	0	¿Cuál es su percepción sobre el sistema hidráulico?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
4	P4	N Numérico	8	0	¿El sistema responde rápidamente al iniciar su operación?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
5	P5	N Numérico	8	0	¿Qué tan automatizado considera que está el prototipo?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
6	P6	N Numérico	8	0	¿El tiempo para completar una operación con el prototipo le parece?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
7	P7	N Numérico	8	0	¿Cree que el prototipo cuenta con mecanismos de seguridad adecuados?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
8	P8	N Numérico	8	0	¿Ha presentado o experimentado al usar el prototipo?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
9	P9	N Numérico	8	0	¿Con qué frecuencia requiere mantenimiento el prototipo?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
10	P10	N Numérico	8	0	¿Cuál cree que sea la vida útil del prototipo con el uso actual?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
11	P11	N Numérico	8	0	¿Qué tan resistente considera la viga ecológica producida con este prototipo?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
12	P12	N Numérico	8	0	¿Con qué frecuencia encuentra defectos en la viga producida?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
13	P13	N Numérico	8	0	¿Cree que se está utilizando materiales ecológicos de forma significativa?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
14	P14	N Numérico	8	0	¿Considera que el proceso ayuda a reducir el impacto ambiental?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
15	P15	N Numérico	8	0	¿El tiempo total para fabricar una viga le parece...?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
16	P16	N Numérico	8	0	¿El fraguado inicial se produce dentro del tiempo estimado?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
17	P17	N Numérico	8	0	¿Cree que fabricar vigas con este prototipo reduce los costos?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
18	P18	N Numérico	8	0	¿Cuál estima que es el costo de una viga fabricada con este método?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
19	P19	N Numérico	8	0	¿Cuántas vigas se pueden fabricar en un día de trabajo?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
20	P20	N Numérico	8	0	¿Cuántas vigas se fabrican en promedio por hora?	{1, SI}...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada

Anexo 2. Vistas de datos en IBM SPSS Statistics.

*Sin título1 [ConjuntoDatos0] - IBM SPSS Statistics Editor de datos (Modo de prueba)

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Aplicación de búsqueda

Visible: 20 de 20 variables

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2
2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3
3	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1
4	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
8	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
10	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1
13	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
14	1	1	1	3	1	1	1	3	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1
15	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2
16	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
17	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
18	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1
19	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	3
20	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				

Visión general **Vista de datos** Vista de variables

27 días restantes en Prueba de versión completa [Actualizar aquí](#)

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unidade ACTIVADO [Clásico](#)

Anexo 3. Información en IBM SPSS Statistics (Tratamientos).

*Sin título1 [ConjuntoDatos0] - IBM SPSS Statistics Editor de datos (Modo de prueba)

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	T1	N Numérico	8	0	TRATAMIENTO	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
2	T2	N Numérico	8	0	TRATAMIENTO	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
3	T3	N Numérico	8	0	TRATAMIENTO	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
4	T4	N Numérico	8	0	TRATAMIENTO	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
5											
6											
7											

Anexo 4. Valores de tratamiento.

*Sin título1 [ConjuntoDatos0] - IBM SPSS Statistics Editor de datos (Modo de prueba)

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

9 :

	T1	T2	T3	T4	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	12	13	11	12									
2	11	12	13	12									
3	14	15	14	15									
4	13	14	13	13									
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													

Anexo 5. Análisis Alfa de Cronbach en IBM SPSS Statistics.

*Resultado1 [Documento1] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formtgo Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Resultado

- Fiabilidad
 - Título
 - Notas
 - Escala: ALL VARIABLE
 - Título
 - Resumen de
 - Estadísticas d

Fiabilidad

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

Casos	Válido	N	%
	Válido	4	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	4	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,931	4

Anexo 6. Recepción de componentes.



Anexo 7. Corte de materiales.



Anexo 8. Pruebas de medición.



Anexo 9. Ficha técnica de los materiales.

Fichas Técnicas de Materiales y Herramientas

Canal estructural en C

Funcion: Soporte prototipo

Referencia: 7 m (6 mm espesor)

Especificaciones Tecnicas:

Material: Acero ASTM A36

Propiedades mecanicas:

- Limite elastico: 250 MPa

- Resistencia a la traccion: 400-500 MPa

Uso: Estructura portante para prototipos industriales.

Tubo cuadrado

Funcion: Estructura del molde

Referencia: 3 m (100×100 mm)

Especificaciones Tecnicas:

Material: Acero estructural A500 Gr B/C

Espesor tipico: 3-4 mm

Caracteristicas: Alta resistencia y buena soldabilidad.

Plancha de acero

Funcion: Soporte del molde / sistema electrico

Referencia: 50 cm y 1.22 m (3 mm / 6 mm / ¼ pulg)

Especificaciones Tecnicas:

Material: Acero ASTM A36

Espesor variable segun funcion

Ideal para bases y soportes rigidos.

Fichas Técnicas de Materiales y Herramientas

Angulo de acero

Funcion: Guia del molde

Referencia: 1" × 1", espesor 3 mm

Especificaciones Tecnicas:

Material: Acero ASTM A36

Uso: Guías y refuerzos estructurales con buena resistencia a la flexion.

Varilla de acero ranurada

Funcion: Pieza del prototipo

Referencia: Ø10 mm × 50 cm

Especificaciones Tecnicas:

Material: Acero laminado

Rosca parcial o total para ensamblaje ajustable.

Engranajes negro Nova

Funcion: Sistema de movimiento lineal (subir/bajar)

Referencia: Ø25 mm × 2 mm espesor

Especificaciones Tecnicas:

Material: Polimero reforzado o acero tratado

Usados en mecanismos de traslacion lineal.

Gata hidraulica electrica 12 V

Funcion: Prensadora / Aplicacion de carga

Referencia: Electrica 12 V

Especificaciones Tecnicas:

Fichas Técnicas de Materiales y Herramientas

Capacidad: 2-3 toneladas

Consumo: 12 A maximo

Carrera: 150-450 mm

Incluye sistema de seguridad con fusible.

Tornillos negros

Funcion: Uniones estructurales y soporte de gata

Referencia: M10 y M8

Especificaciones Tecnicas:

Material: Acero al carbono

Tratamiento superficial: oxidado negro para proteccion moderada.

Electrodo INDURA 6011

Funcion: Soldadura estructural

Referencia: 5/32 pulg

Especificaciones Tecnicas:

Tipo: Electrodo celulosico E6011

Ideal para soldadura en todas posiciones.

Alta penetracion y resistencia mecanica.

Disco corte Norton acero inoxidable

Funcion: Corte de acero inoxidable

Referencia: 4 ½" × 1/16"

Especificaciones Tecnicas:

RPM maximo: 13,300

Especial para cortes en frio y alta durabilidad.

Fichas Técnicas de Materiales y Herramientas

Disco desbaste Norton

Funcion: Desbaste de cordones y soldadura

Referencia: 4 ½" × ¼" × 7/8"

Especificaciones Tecnicas:

RPM maximo: 12,200

Grano ceramico o alumina para alto rendimiento.

Disco de pulido Premier

Funcion: Acabado y pulido superficial

Referencia: ½" × 7/8"

Especificaciones Tecnicas:

Para uso con esmeriladora o pulidora

Ideal para acabado fino y espejo.

Broca de acero rapido (HSS)

Funcion: Perforacion metalica

Referencia: 10 mm y 8 mm

Especificaciones Tecnicas:

Material: HSS o HSS-Co

Punta 135°, recubrimiento TiN opcional para durabilidad.

Placa de acero 10 cm

Funcion: Pieza estructural

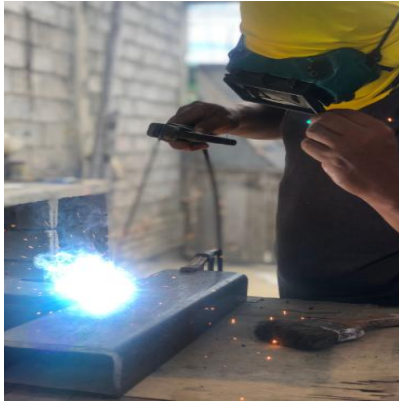
Referencia: 10 cm

Especificaciones Tecnicas:

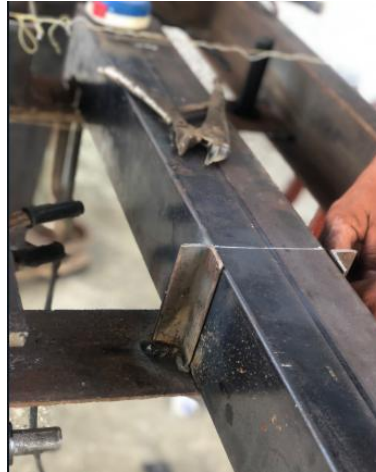
Material: Acero ASTM A36

Espesor segun diseno.

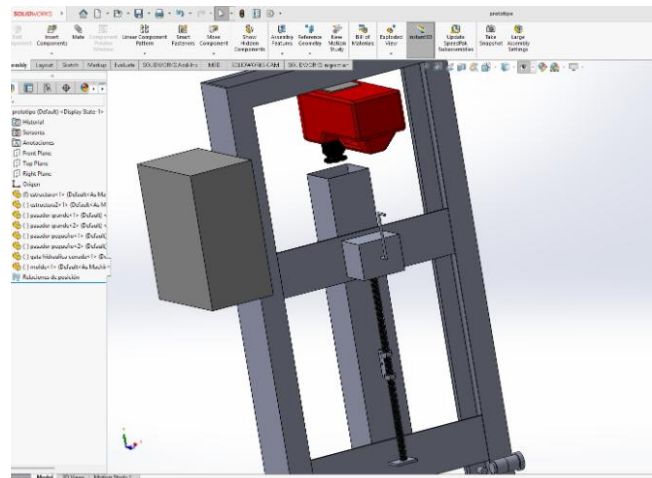
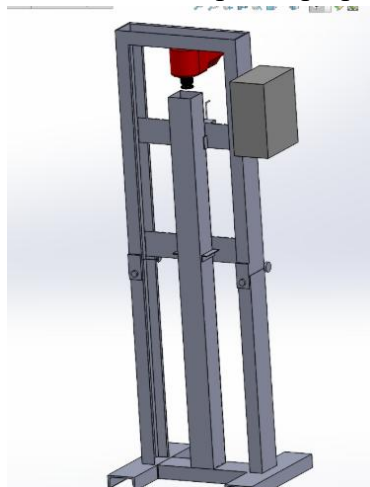
Anexo 10. Proceso de soldadura de la base.



Anexo 11. Procesos de ensamblajes.



Anexo 12. Análisis del prototipo por medio de SolidWorks.



Anexo 13. Descomposición térmica de material.



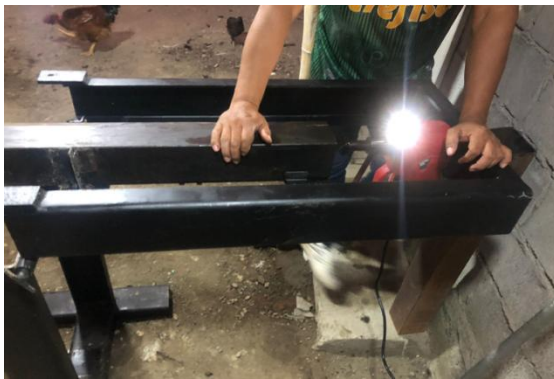
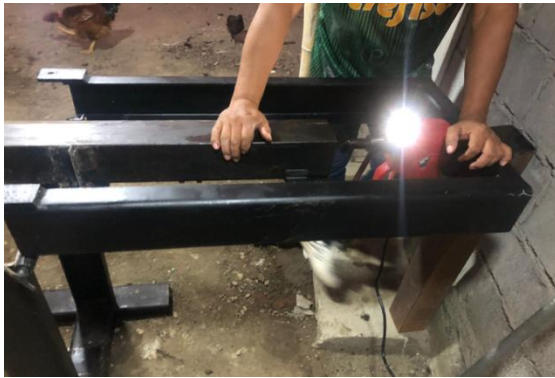
Anexo 14. Fundición del material al prototipo.



Anexo 15. Funcionamiento del sistema hidráulico.



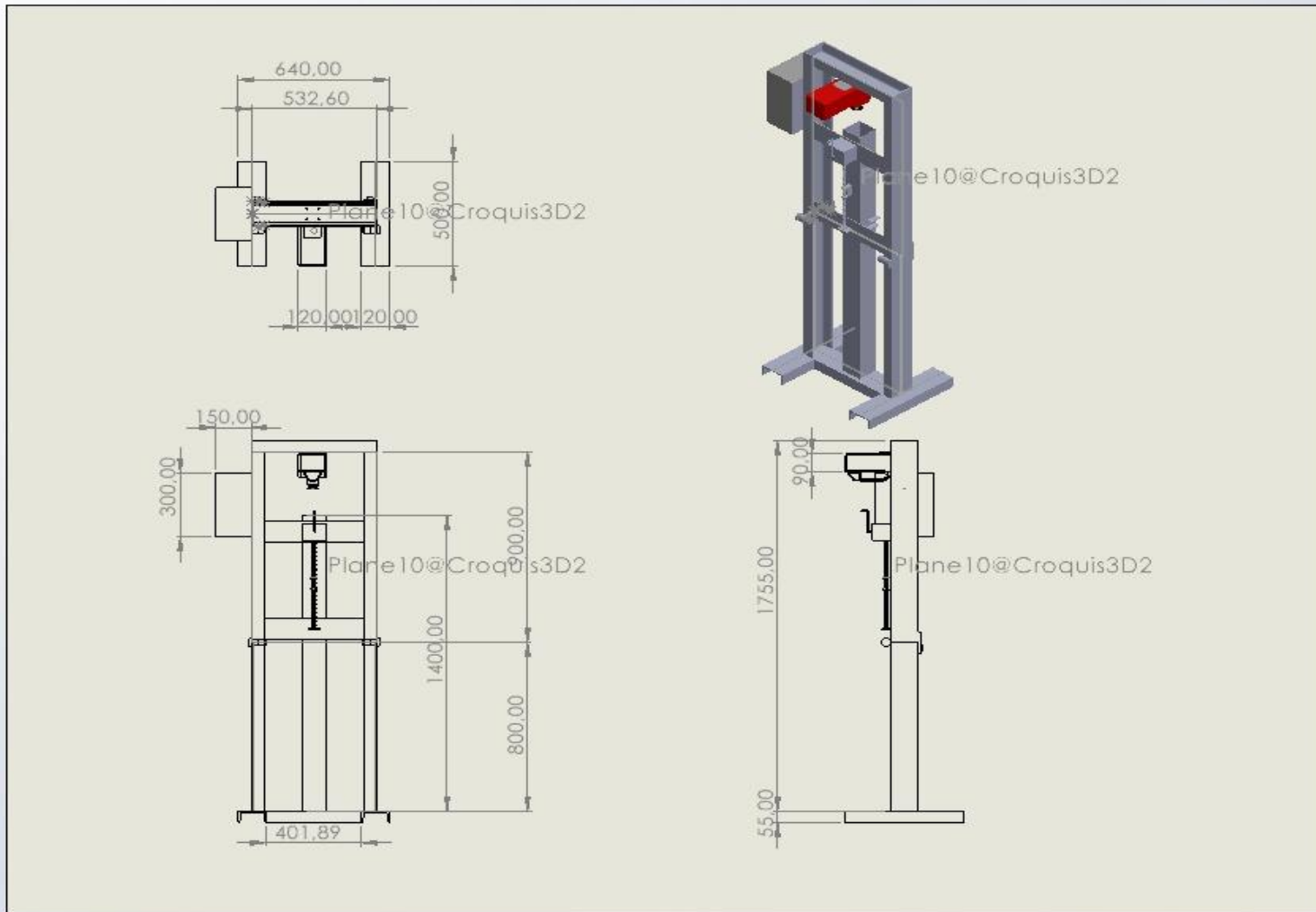
Anexo 16. Vista lateral del proceso de extracción.



Anexo 17. Viga ecológica elaborada.



Anexo 18. Diseño en AutoCAD del prototipo hidráulico.



Anexo 19. Análisis técnico del material.

Análisis Técnico del Material: Acero Estructural

El acero A36 presenta una resistencia a la tracción de 400 a 550 MPa y un límite elástico promedio de 250 MPa, lo que garantiza una capacidad adecuada para resistir esfuerzos de compresión, flexión o corte sin comprometer la seguridad del sistema. Además, su alargamiento mínimo del 20% le permite absorber deformaciones antes de llegar a su punto de fractura, otorgando ductilidad al conjunto estructural.

Esta combinación de resistencia y ductilidad es esencial en sistemas que estarán sometidos a cargas estáticas o dinámicas, permitiendo que las deformaciones sean visibles y controlables, lo cual facilita la inspección estructural y la prevención de fallos súbitos.

2. Análisis Mediante el Diagrama Hierro-Carbono

Desde el punto de vista metalúrgico, el acero estructural A36 pertenece a los aceros hipoeutectoides, con un contenido de carbono típico de 0.25% a 0.29%. En el diagrama hierro-carbono, se encuentra en la región donde predominan las fases ferrita (alfa) y perlita al enfriarse lentamente.

En esta zona del diagrama:

- La ferrita proporciona ductilidad y facilidad de mecanizado.
- La perlita, formada por capas de ferrita y cementita, aporta resistencia mecánica.

Este equilibrio estructural permite obtener un material que no es ni excesivamente duro ni demasiado blando, lo que resulta ideal para aplicaciones estructurales, donde se requiere un buen comportamiento frente a cargas estáticas y dinámicas.

3. Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A36

Propiedad	Valor Típico
Límite elástico (σ_y)	250 MPa
Resistencia a la tracción	400–550 MPa
Alargamiento (%)	$\geq 20\%$
Dureza Brinell (HB)	119–159
Módulo de elasticidad (E)	200 GPa
Densidad	7850 kg/m ³
Punto de fusión	1425–1538 °C

Anexo 20. Evaluación de Eficiencia y Calidad del Equipo.

Informe de Evaluación de Eficiencia y Calidad del Equipo de Compactación

Este informe presenta el análisis de los datos obtenidos de las muestras y pruebas realizadas para evaluar la eficiencia, productividad y calidad del equipo de compactación de vigas. Se consideran las mediciones diarias, resultados de pruebas con diferentes presiones, temperaturas y tiempos de compactación, así como observaciones cualitativas relacionadas con la calidad.

Datos base de las pruebas

Prueba	Resultado	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	Fallida	800	30	12
2	Fallida	850	31	13
3	Exitosa	900	29	15
4	Exitosa	950	28	14

Observaciones cualitativas

1. Formación de burbujas, mala distribución del material (Prueba 1)
2. Falta de adherencia, microfracturas visibles (Prueba 2)
3. Compactación homogénea, sin fallas visibles (Prueba 3)
4. Alta densidad, sin poros ni grietas (Prueba 4)

Cálculos e indicadores

Tasa de éxito

La tasa de éxito indica el porcentaje de pruebas con resultados satisfactorios (compactación exitosa):

$$\text{Tasa de éxito} = (\text{Número de pruebas exitosas} / \text{Total de pruebas}) \times 100 = (2/4) \times 100 = 50\%$$

Promedios de parámetros para pruebas exitosas y fallidas

Parámetro	Promedio éxito	Promedio falla
Presión (psi)	925	825
Temperatura (°C)	28.5	30.5
Tiempo (min)	14.5	12.5

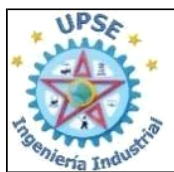
Desviación estándar de mediciones diarias para las muestras

Se calcularon las desviaciones estándar de las mediciones diarias para evaluar la estabilidad dimensional de las muestras durante los 4 días de medición. Valores bajos indican buena estabilidad.

MUESTRA	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Σ)
1	12.00	0.82
2	12.00	0.82
3	14.50	0.50
4	13.25	0.50
5	12.25	0.43
6	13.50	0.58
7	11.50	0.58
8	14.75	0.43
9	13.25	0.43
10	12.25	0.43
11	13.75	0.43
12	11.50	0.58
13	13.50	0.58
14	12.50	0.58
15	11.50	0.58

Indicadores de productividad y eficiencia

Tiempo promedio de compactación general: $(12 + 13 + 15 + 14) / 4 = 13.5$ minutos
 Tiempo promedio de compactación para éxito: 14.5 minutos (mayor que el promedio general, lo que indica que mayor tiempo mejora la calidad).
 Relación presión/tiempo para éxito: $925 \text{ psi} / 14.5 \text{ min} \approx 63.8 \text{ psi/min}$.
 Relación presión/tiempo para fallas: $825 \text{ psi} / 12.5 \text{ min} = 66 \text{ psi/min}$.
 La diferencia muestra que aunque la relación presión/tiempo es similar, el tiempo mayor y temperatura controlada favorecen éxito.



**PROCEDIMIENTO: EJECUTAR
MANTENIMIENTO MECÁNICO PROTOTIPO
HIDRAULICO**

Código:

P.M.001

Fecha:

jul-25

Versión: 01

1 GLOSARIO DE TERMINOS

Canal estructural en “C”:	Perfil metálico con forma de letra "C", utilizado comúnmente como soporte estructural. Su diseño permite buena resistencia a la flexión, ideal para bastidores o chasis.
Tubo cuadrado	Elemento hueco de sección cuadrada, fabricado generalmente en acero, utilizado para estructuras resistentes como marcos de moldes. Proporciona rigidez y estabilidad.
Plancha de acero	Láminas de acero con distintos espesores. Se usan para fabricar bases, soportes o partes estructurales. El espesor define su resistencia a la carga.
Ángulo de acero	Perfil con forma de “L” utilizado como refuerzo o guía. Es común en estructuras que necesitan alineación o soporte en esquinas.
Varilla de acero ranurada	Barra sólida con una ranura longitudinal. Utilizada como componente mecánico que permite el movimiento guiado o acoplamiento con otros sistemas (engranajes, guías).
Sistema hidráulico eléctrico 12 V	Dispositivo que utiliza presión hidráulica generada por un motor eléctrico de 12 voltios para elevar cargas. Es el componente principal de prensado del prototipo.
Electrodo 6011	Varilla utilizada para soldadura por arco. El tipo 6011 es ideal para soldar acero con buena penetración, incluso con superficies oxidadas.

2 INFORMACIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

Procedimiento:	EJECUTAR MANTENIMIENTO MECÁNICO PROTOTIPO HIDRAULICO
Código del Procedimiento:	P.M.001
Descripción:	OBJETIVO: Establecer el procedimiento para ejecutar el mantenimiento mecánico de prototipo hidráulico en la unidad de prácticas de ingeniería industrial de la universidad estatal península de santa elena

	PROCEDIMIENTO: EJECUTAR MANTENIMIENTO MECÁNICO PROTOTIPO HIDRAULICO	Código: P.M.001
		Fecha: jul-25
		Versión: 01

	ALCANCE: DESDE: Recibir la tarea asignada en sistema de gestión de mantenimiento. HASTA: Entregar el equipo funcionando a operaciones y continuar con el flujo en el sistema de gestión de mantenimiento. ÁMBITO DE APLICACIÓN: unidad de prácticas de ingeniería industrial de la universidad estatal península de santa elena
Productos/Servicios del Procedimiento:	Ejecutar mantenimiento mecánico prototipo hidráulico
Responsable del procedimiento	Jefe de Mantenimiento
Tipo de cliente:	Interno
Marco Legal:	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-IEC/ISO 31010, que establece directrices para la gestión de riesgos y mantenimiento preventivo.

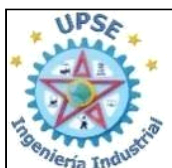
3 MATERIALES Y EQUIPOS

- Maleta de herramientas.
- Grasa HL 140
- WD40

4 Reglas Generales - Mantenimiento del Prototipo Hidráulico

Las tareas de mantenimiento mecánico del prototipo hidráulico (incluyendo sistemas como la gata hidráulica, moldes metálicos, guías, estructuras y componentes eléctricos), deberán ser ejecutadas por personal técnico calificado, que cuente con la capacitación específica en sistemas hidráulicos, mecánicos y eléctricos, y que preferiblemente esté certificado para trabajos similares.

Todos los equipos, herramientas y dispositivos utilizados durante el mantenimiento del prototipo deben estar en condiciones óptimas de funcionamiento. El técnico ejecutor será responsable de revisar previamente su estado, asegurando su correcto funcionamiento y seguridad. La responsabilidad de capacitar al personal y difundir este procedimiento recaerá sobre el responsable del Proyecto y/o el Supervisor del Taller, quienes deberán asegurar el cumplimiento técnico y de seguridad en la operación del equipo.



**PROCEDIMIENTO: EJECUTAR
MANTENIMIENTO MECÁNICO PROTOTIPO
HIDRAULICO**

Código:
P.M.001

Fecha:
jul-25

Versión: 01

Todo técnico que intervenga en el mantenimiento del prototipo deberá conocer:

- El funcionamiento del sistema hidráulico y eléctrico del equipo.
- Las instrucciones del fabricante de la gata hidráulica y demás componentes.
- Los riesgos inherentes al sistema (presión hidráulica, cargas pesadas, partes móviles).
- Las medidas de control requeridas y el plan de emergencia del taller o laboratorio.

Las actividades de mantenimiento se ejecutarán en conformidad con los manuales del fabricante de los componentes (gata hidráulica, motor 12V, estructura metálica) y las instrucciones de este procedimiento, respetando normativas locales e institucionales vigentes.

Nº	DESCRIPCIÓN	ROL
1.	Recibir la orden de trabajo (verbal o escrita), validada por el supervisor.	Operador
2.	Informar al taller el tipo de trabajo a realizar y su duración estimada.	Operador
3.	Trasladar herramientas, equipos y EPP necesarios al área de trabajo asignada	Operador
4.	Verificar el funcionamiento de la gata hidráulica (subida/bajada, presión).	Operador
5.	Chequear y reparar fugas en el sistema hidráulico	Operador
6.	Verificar el sistema hidráulico	Operador
7.	Limpiar externamente los componentes del sistema: gato, moldes, guías, superficie de prensado.	Operador
8.	Engrasar o lubricar guías del molde, tornillos y partes móviles.	Operador
9	Probar el funcionamiento general del prototipo (sin carga y con carga de prueba).	Operador
10	Registrar observaciones, acciones correctivas y resultados en la bitácora de mantenimiento.	Operador
11	Entregar informe final al supervisor del taller	Operador

Anexo 22. Matriz de Consistencia.

ANEXO				
TÍTULO DEL PROYECTO				
PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
General	General	General		
¿Cómo la construcción de un prototipo hidráulico mejora significativamente la fabricación de vigas ecológicas?	Construir un prototipo hidráulico para la fabricación de vigas ecológicas mediante comprensión del sistema hidráulico para la unidad de prácticas de ingeniería industrial de la universidad Estatal Península de Santa Elena, con fin de optimizar el proceso productivo mediante el uso de materiales sostenibles.		Variable Independiente: Prototipo hidráulico	
	Específicos			Tipo de estudio: Enfoque cuantitativo, aplicado y experimental Diseño de investigación: Cuasi-experimental Nivel de investigación: Exploratorio, descriptivo y explicativo Población: Estudiantes, técnicos y docentes de la Unidad de Prácticas de Ingeniería Industrial – UPSE Muestra: Selección no probabilística por conveniencia Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Observación directa, encuestas, mediciones técnicas y revisión documental Análisis de datos: Análisis estadístico descriptivo y pruebas estadísticas
<p>1. ¿Cuáles son los requerimientos técnicos y funcionales que limita el diseño e implementación de un prototipo hidráulico adecuado para la fabricación de vigas ecológicas?</p> <p>2. ¿Qué dificultad existe en la implementación de seguridad y operativa de un prototipo hidráulico en el entorno académico de las unidades de prácticas?</p> <p>3. ¿Cómo afecta la falta de un sistema automatizado e hidráulico a la calidad, el tiempo de fabricación y el uso de materiales sostenibles en la producción de vigas?</p>	<p>1.1. Analizar los requerimientos técnicos y funcionales necesarios para el diseño del prototipo hidráulico que permita la fabricación eficiente de vigas ecológicas, mediante una revisión minuciosa de la literatura existente respaldando la relación entre las variables de prototipo hidráulico y fabricación de vigas ecológicas</p> <p>1.2. Implementar el prototipo hidráulico en la unidad de prácticas considerando criterios de seguridad, automatización y facilidad de operación para su uso educativo y productivo, mediante un marco metodológico basado en estudios previos relacionados con el prototipo hidráulico y su influencia en el desarrollo de vigas ecológicas partiendo desde materiales reciclados</p> <p>1.3. Evaluar el desempeño del prototipo mediante la medición de la calidad de la viga, el tiempo de fabricación y el uso de materiales ecológicos, mediante los resultados del prototipo hidráulico para la fabricación de vigas ecológicas promoviendo la sostenibilidad de la unidad de prácticas de ingeniería industrial de la universidad Estatal Península de Santa Elena</p>	La implementación del prototipo hidráulico mejora significativamente la eficiencia del proceso de viga ecológica en la unidad de prácticas de Ingeniería industrial	Variable Dependiente: Fabricación de viga ecológica	

Anexo 23. Matriz de Operacionalización variable independiente.

ANEXO						
TITULO						
PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA						
Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
VI: Prototipo hidráulico	Se define como una tecnología utilizada en la fabricación de materiales sostenibles mediante la aplicación de alta presión sobre materiales reciclados (Hou, 2024)	La compresión hidráulica se estudia en el contexto de la fabricación de vigas ecológicas y su impacto en la resistencia mecánica y la absorción de agua	D1.- Diseño estructural	I1: Resistencia del prototipo (kg o newton)	Prueba de carga	Dinamómetro o sensor de fuerzas
				I2: Compatibilidad del diseño con el molde de viga	Observación técnica	Lista de validación de compatibilidad
			D2.- Funcionamiento hidráulico	I3: Presión máxima alcanzada(bar o psi)	Medición directa	Manómetro
				I4: Tiempo de respuesta del sistema hidráulico (seg)	Cronometraje	Cronómetro digital
			D3.- Automatización y control	I5: Porcentaje de operaciones automatizadas	Revisión técnica del diseño	Ficha técnica o diagrama de procesos
				I6: Tiempo requerido para operar el sistema (min/ciclo)	Cronometraje de tareas	Cronómetro/registro de tiempos
			D4.- Seguridad Operativa	I7: Número de incidentes reportados entre pruebas	Revisión documental	Formato de registro de incidentes
				I8: Presencia de sistema de seguridad instalados (si/no o nivel de cumplimiento)	Observación directa	Lista de verificación de seguridad
			D5.- Mantenimiento y durabilidad	I9: Frecuencia de mantenimiento preventivo(veces/mes)	Análisis documental	Bitácora de mantenimiento
				I10: Vida útil estimada del prototipo (años o ciclos de uso)	Estimación técnica sobre proyección	Informe técnico del fabricante o experto

Anexo 24. Matriz de Operacionalización variable dependiente.

ANEXO						
TITULO						
PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA						
Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
VD: Fabricación de viga ecológica	Se define como un elemento estructural fabricado a partir de materiales reciclados, utilizando tecnologías sostenibles como la compresión hidráulica. Su propósito es ofrecer una alternativa resistente y duradera en la construcción (Bincy, 2023)	La viga ecológica se mide a través de tres dimensiones clave: resistencia mecánica, capacidad de absorción y sostenibilidad. La resistencia mecánica se evalúa mediante pruebas de compresión para determinar la carga máxima que puede soportar antes de deformarse o fracturarse.	D1.- Calidad de la viga	I1: Resistencia a la compresión (kg/cm ² o megapascuales)	Ensayo de laboratorio	Prensa hidráulica/probeta
				I2: Porcentaje de defectos en el acabado superficial	Inspección visual	Lista del control de calidad
			D2.- Materiales ecológicos utilizados	I3: Porcentaje de materiales reciclados en la mezcla	Análisis de la receta de la mezcla	Ficha técnica de composición
				I4: Reducción estimada de emisiones por vigas fabricadas(kg de Co ₂)	Cálculo teórico/simulación	Software de huella de carbono o fórmula de estimación
			D3.- Tiempos de fabricación	I5: Duración total del proceso por viga (min)	Cronometraje de producción	Cronómetro y registro de tiempos
				I6: Tiempo de fraguado inicial(horas)	Observación directa/laboratorio	Termómetro y cronómetro
			D4.- Costo de producción	I7: Costo por unidad fabricada	Análisis contable	Hoja de cálculo de costos
				I8: Porcentaje de ahorro frente a métodos convencionales	Comparación con procesos tradicionales	Cuadro comparativo de costos
			D5.- Productividad del proceso	I9: Número de vigas fabricadas por días	Registro de producción	Hoja de control diario
				I10: Rendimiento por hora de trabajo (vigas/horas)	Análisis de tiempos y movimiento	Cronómetro y hoja de productividad

Anexo 25. Instrumento de recolección de datos.

ANEXO INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
INSTRUMENTO: CUESTIONARIO TÉCNICO DE VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO HIDRÁULICO					
Estimado comunidad universitaria opinar sobre el prototipo hidráulico. Marque solo una puntuación de escala que cree que cumple por cada ítem					
Cédula Número:		Sexo:	masculino ()	Femenino ()	
				Edad: () años	
Dimensiones/indicadores/ítems			Escala		
			1. sí	2. no	3. A veces
Dimensión 1: Diseño estructural					
Indicador 1: Resistencia del prototipo kg o newton			1	2	3
1	¿Considera que el diseño del prototipo es adecuado?		1	2	3
Indicador 2: Compatibilidad del diseño con el molde de la viga			1	2	3
2	¿Cree que el prototipo se adapta al molde de la viga?		1	2	3
Dimensión 2: Funcionamiento hidráulico					
Indicador 3: Presión máxima alcanzada(bar o psi)			1	2	3
3	¿Cuál es su percepción sobre el sistema hidráulico?		1	2	3
Indicador 4: Tiempo de respuesta del sistema hidráulico (seg)			1	2	3
4	¿El sistema responde rápidamente al iniciar su operación?		1	2	3
Dimensión 3: Automatización y control					
Indicador 5: Porcentaje de operaciones automatizadas			1	2	3
5	¿Qué tan automatizado considera que está el prototipo?		1	2	3
Indicador 6: Tiempo requerido para operar el sistema (min/ciclo)			1	2	3
6	¿El tiempo para completar una operación con el prototipo le parece?		1	2	3
Dimensión 4: Seguridad Operativa					
Indicador 7: Número de incidentes reportados entre pruebas			1	2	3
7	¿Cree que el prototipo cuenta con mecanismos de seguridad adecuados?		1	2	3
Indicador 8: Presencia de sistema de seguridad instalados (sí/no o nivel de cumplimiento)			1	2	3
8	¿Ha presentado al usar el prototipo?		1	2	3
Dimensión 5: Mantenimiento y durabilidad					
Indicador 9: Frecuencia de mantenimiento preventivo(veces/mes)			1	2	3
9	¿Con qué frecuencia requiere mantenimiento el prototipo?		1	2	3
Indicador 10: Vida útil estimada del prototipo (años o ciclos de uso)			1	2	3
10	¿Cuál cree que sea la vida útil del prototipo con el uso actual?		1	2	3
Dimensión 6: Calidad de la viga					
Indicador 11: Resistencia a la compresión (kg/cm2)			1	2	3
11	¿Qué tan resistente considera la viga ecológica producida con este prototipo?		1	2	3
Indicador 12: Porcentaje de defectos en el acabado superficial			1	2	3
12	¿Con qué frecuencia encuentra defectos en la viga producida?		1	2	3
Dimensión 7: Materiales ecológicos utilizados					
Indicador 13: Porcentaje de materiales reciclados en la mezcla			1	2	3
13	¿Cree que se está utilizando materiales ecológicos de forma significativa?		1	2	3
Indicador 14: Reducción estimada de emisiones por vigas fabricadas(kg de Co2)			1	2	3
14	¿Considera que el proceso ayuda a reducir el impacto ambiental?		1	2	3
Dimensión 8: Tiempos de fabricación					
Indicador 15: Duración total del proceso por viga(min)			1	2	3
15	¿El tiempo total para fabricar una viga le parece(...)?		1	2	3
Indicador 16: Tiempo de fraguado inicial(horas)			1	2	3
16	¿El fraguado inicial se produce dentro del tiempo estimado?		1	2	3
Dimensión 9: Costo de producción					
Indicador 17: Costo por unidad fabricada			1	2	3
17	¿Cree que fabricar vigas con este prototipo reduce los costos?		1	2	3
Indicador 18: Porcentaje de ahorro frente a métodos convencionales			1	2	3
18	¿Cuál estima que es el costo de una viga fabricada con este método?		1	2	3
Dimensión 10: Productividad del proceso					
Indicador 19: Número de vigas fabricadas por días			1	2	3
19	¿Cuántas vigas se pueden fabricar en un día de trabajo?		1	2	3
Indicador 20: Rendimiento por hora de trabaja(vigas/horas)			1	2	3
20	¿Cuántas vigas se fabrican en promedio por hora?		1	2	3

Anexo 26. Validación del instrumento experto 1.

Validación de instrumento por Experto 1

Nombre del instrumento: Cuestionario de Prototipo Hidráulico Para Fabricar Viga Ecológica

Objetivo: Conocer la escala valorativa de un “**Prototipo Hidráulico Para Fabricar Viga Ecológica En La Unidad De Prácticas De Ingeniería Industrial De La Universidad Estatal Península De Santa Elena**”

Dirigido a: Estudiantes y docentes que forman parte de la Unidad de Prácticas de Ingeniería Industrial – UPSE

Apellidos y nombre del evaluador: Ing. Gerardo Antonio Herrera Brunett

Grado académico del experto evaluador: Ingeniero Industrial, Magister en seguridad, Higiene Industrial y Salud Ocupacional - Doctor en Ciencia Ambientales

Áreas de experiencia profesional: Social (x) Educativa (x)

Institución donde labora: Universidad Estatal Península De Santa Elena

Tiempo de experiencia Profesional en el área: 35 años

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		

La Libertad, 29 de abril 2025

Ing. Gerardo Antonio Herrera Brunett, Phd.

C.I: 0909254260

Experto 1

Anexo 27. Validación del instrumento experto 2.

Validación de instrumento por Experto 2

Nombre del instrumento: Cuestionario de Prototipo Hidráulico Para Fabricar Viga Ecológica

Objetivo: Conocer la escala valorativa de un “Prototipo Hidráulico Para Fabricar Viga Ecológica En La Unidad De Prácticas De Ingeniería Industrial De La Universidad Estatal Península De Santa Elena”

Dirigido a: Estudiantes y docentes que forman parte de la Unidad de Prácticas de Ingeniería Industrial – UPSE

Apellidos y nombre del evaluador: Ing. Matías Pillasagua Víctor Manuel MSc.

Grado académico del experto evaluador: Ingeniero Industrial, Diplomado Superior en Pedagogía de la Educación Superior en Gestión y Planificación Educativa, Máster en Gerencia Educativa.

Áreas de experiencia profesional: Social (x) Educativa (x)

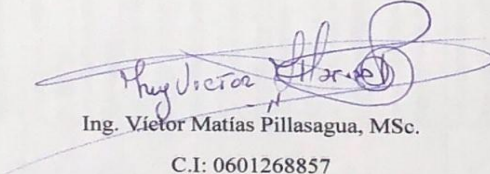
Institución donde labora: Universidad Estatal Península De Santa Elena

Tiempo de experiencia Profesional en el área: 21 años

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		

La Libertad, 29 de abril 2025


Ing. Víctor Matías Pillasagua, MSc.

C.I: 0601268857

Experto 2

Anexo 28. Validación del instrumento experto 3.

Validación de instrumento por Experto 3

Nombre del instrumento: Cuestionario de Prototipo Hidráulico Para Fabricar Viga Ecológica

Objetivo: Conocer la escala valorativa de un “Prototipo Hidráulico Para Fabricar Viga Ecológica En La Unidad De Prácticas De Ingeniería Industrial De La Universidad Estatal Península De Santa Elena”

Dirigido a: Estudiantes y docentes que forman parte de la Unidad de Prácticas de Ingeniería Industrial – UPSE

Apellidos y nombre del evaluador: Ing. Marco Vinicio Bermeo Garcia, MSc.

Grado académico del experto evaluador: Magister en Educación Educativa.

Áreas de experiencia profesional: Social () Educativa (x)

Institución donde labora: Universidad Estatal Península De Santa Elena

Tiempo de experiencia Profesional en el área: 15 años

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		

La Libertad, 29 de abril 2025

Ing. Marco Vinicio Bermeo Garcia, MSc.

C.I 1707326813

Experto 3

Anexo 29. Validación del instrumento experto 4.

Validación de instrumento por Experto 4

Nombre del instrumento: Cuestionario de Prototipo Hidráulico Para Fabricar Viga Ecológica

Objetivo: Conocer la escala valorativa de un “Prototipo Hidráulico Para Fabricar Viga Ecológica En La Unidad De Prácticas De Ingeniería Industrial De La Universidad Estatal Península De Santa Elena”

Dirigido a: Estudiantes y docentes que forman parte de la Unidad de Prácticas de Ingeniería Industrial – UPSE

Apellidos y nombre del evaluador: Ing. Alejandro Crisostomo Veliz Aguayo, PhD

Grado académico del experto evaluador: Doctor en Ciencias Técnicas

Áreas de experiencia profesional: Social () Educativa (x)

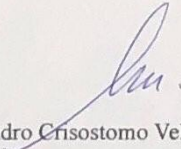
Institución donde labora: Universidad Estatal Península De Santa Elena

Tiempo de experiencia Profesional en el área: 30 años +

Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		

La Libertad, 29 de abril 2025


Ing. Alejandro Crisostomo Veliz Aguayo, PhD

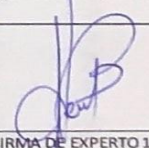
C.I. : 0908182280

Experto 4

Anexo 30. Ficha experto evaluador 1.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL PROGRAMA/TALLER/MODELO


Título: **PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

Indicadores	Criterios	INADECUADO		MEDIAMENTE ADECUADO				ADECUADO				MUY ADECUADO				TOTALMENTE ADECUADO				Observaciones									
		0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61		66	71	76	81	86	91	96		
Aspectos de Validación		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96								
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100								
1.- Claridad	Las sesiones están formuladas con lenguaje apropiado.																												
2.- Objetividad	Las sesiones expresan conclusiones observables.																												
3.- Actualidad	Las sesiones están adecuadas a las teorías, enfoques o modelos teóricos.																												
4.- Organización	Existe organización lógica entre las sesiones.																												
5.- Suficiencia	Las sesiones comprenden los aspectos o necesidades a fortalecer.																												
6.- Intencionalidad	Las sesiones valoran las dimensiones del tema																												
7.- Consistencia	Las sesiones están basadas en aspectos teórico-científicos.																												
8.- Coherencia	Las sesiones tienen relación con los indicadores de la variable independiente.																												
9.- Metodología	Las sesiones responden al diseño de investigación metodológico																												
10.- Pertinencia	Las sesiones son útiles y adecuadas para modificar la variable dependiente.																												
INSTRUCCIONES: Esta ficha, sirve para que el EXPERTO EVALUADOR evalúe la pertinencia, eficacia del programa que se está validando. Deberá colocarla puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados																													
La Libertad, 15 de mayo de 2025		PROMEDIO: <u>94,5</u> puntos (<u>945</u>)																											
Experto: Ing. Gerardo Antonio Herrera Brunett, Phd. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5948-6998 Profesión: Ingeniero Industrial - Doctor en Ciencia Ambientales DNI/CI: 0909254260 Celular: 0983178375		 FIRMA DE EXPERTO 1																											

Anexo 31. Ficha experto evaluador 2.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL PROGRAMA/TALLER/MODELO

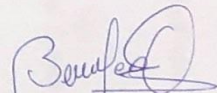
Título: **PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

Indicadores	Criterios	INADECUADO				MEDIAMENTE ADECUADO				ADECUADO				MUY ADECUADO				TOTALMENTE ADECUADO				Observaciones
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
Aspectos de Validación		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1.- Claridad	Las sesiones están formuladas con lenguaje apropiado.																					✓
2.- Objetividad	Las sesiones expresan conclusiones observables.																					✓
3.- Actualidad	Las sesiones están adecuadas a las teorías, enfoques o modelos teóricos.																					✓
4.- Organización	Existe organización lógica entre las sesiones.																					✓
5.- Suficiencia	Las sesiones comprenden los aspectos o necesidades a fortalecer.																					✓
6.- Intencionalidad	Las sesiones valoran las dimensiones del tema																					✓
7.- Consistencia	Las sesiones están basadas en aspectos teórico-científicos.																					✓
8.- Coherencia	Las sesiones tienen relación con los indicadores de la variable independiente.																					✓
9.- Metodología	Las sesiones responden al diseño de investigación metodológico																					✓
10.- Pertinencia	Las sesiones son útiles y adecuadas para modificar la variable dependiente.																					✓
INSTRUCCIONES: Esta fecha, sirve para que el EXPERTO EVALUADOR evalúe la pertinencia, eficacia del programa que se está validando. Deberá colocarla puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados																						
L a Libertad, 15 de mayo de 2025										PROMEDIO: <u>94</u> puntos (<u>940</u>)												
Experto: Ing. Matías Pillasagua Víctor Manuel MSc. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9877-5984 Profesión: Máster en Gerencia Educativa DNI/CI: 0601268857 Celular:										 FIRMA DE EXPERTO 2												

Anexo 32. Ficha experto evaluador 3.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL PROGRAMA/TALLER/MODELO


Título: **PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

Indicadores	Criterios	INADECUADO	MEDIAMENTE ADECUADO				ADECUADO				MUY ADECUADO				TOTALMENTE ADECUADO	Observaciones					
		0 - 20	21 - 40				41 - 60				61 - 80				81 - 100						
Aspectos de Validación		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.- Claridad	Las sesiones están formuladas con lenguaje apropiado.																				
2.- Objetividad	Las sesiones expresan conclusiones observables.																				
3.- Actualidad	Las sesiones están adecuadas a las teorías, enfoques o modelos teóricos.																				
4.- Organización	Existe organización lógica entre las sesiones.																				
5.- Suficiencia	Las sesiones comprenden los aspectos o necesidades a fortalecer.																				
6.- Intencionalidad	Las sesiones valoran las dimensiones del tema																				
7.- Consistencia	Las sesiones están basadas en aspectos teórico-científicos.																				
8.- Coherencia	Las sesiones tienen relación con los indicadores de la variable independiente.																				
9.- Metodología	Las sesiones responden al diseño de investigación metodológico																				
10.- Pertinencia	Las sesiones son útiles y adecuadas para modificar la variable dependiente.																				
INSTRUCCIONES: Esta fecha, sirve para que el EXPERTO EVALUADOR evalúe la pertinencia, eficacia del programa que se está validando. Deberá colocarla puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados																					
La Libertad, 15 de mayo de 2025		PROMEDIO: 94,5 puntos (945)																			
Experto: Ing. Marco Vinicio Bermeo García, MSc. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2292-4218 Profesión: Magister en Educación Educativa DNI/CI: 1707326813 Celular: 0985033821		 FIRMA DE EXPERTO 3																			

Anexo 33. Ficha experto evaluador 4.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL PROGRAMA/TALLER/MODELO

Título: **PROTOTIPO HIDRÁULICO PARA FABRICAR VIGA ECOLÓGICA EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

Indicadores	Criterios	INADECUADO				MEDIAMENTE ADECUADO				ADECUADO				MUY ADECUADO				TOTALMENTE ADECUADO				Observaciones
		0 - 20				21 - 40				41 - 60				61 - 80				81 - 100				
Aspectos de Validación		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1.- Claridad	Las sesiones están formuladas con lenguaje apropiado.																					✓
2.- Objetividad	Las sesiones expresan conclusiones observables.																					✓
3.- Actualidad	Las sesiones están adecuadas a las teorías, enfoques o modelos teóricos.																					✓
4.- Organización	Existe organización lógica entre las sesiones.																					✓
5.- Suficiencia	Las sesiones comprenden los aspectos o necesidades a fortalecer.																					✓
6.- Intencionalidad	Las sesiones valoran las dimensiones del tema																					✓
7.- Consistencia	Las sesiones están basadas en aspectos teórico-científicos.																					✓
8.- Coherencia	Las sesiones tienen relación con los indicadores de la variable independiente.																					✓
9.- Metodología	Las sesiones responden al diseño de investigación metodológico																					✓
10.- Pertinencia	Las sesiones son útiles y adecuadas para modificar la variable dependiente.																					✓
INSTRUCCIONES: Esta fecha, sirve para que el EXPERTO EVALUADOR evalúe la pertinencia, eficacia del programa que se está validando. Deberá colocarla puntuación que considere pertinente a los diferentes enunciados																						
La Libertad, 15 de mayo de 2025											PROMEDIO: <u>94</u> puntos (<u>940</u>)											
Experto: Ing. Alejandro Crisostomo Veliz Aguayo, PhD ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6200-4689 Profesión: Doctor en Ciencias Técnicas DNI/Ci: 0908182280 Celular: 0996866782											 FIRMA DE EXPERTO 4											

Anexo 34. Diagrama de análisis de procesos para la producción de vigas.

Diagrama de análisis de procesos											
Diagrama # 01				Resumen							
Producto: VIGAS ECOLÓGICAS		Actividad: PRODUCCIÓN DE VIGAS ECOLÓGICAS		Actividad				Tiempo (minutos)			
				Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenamiento	Distancia (m)		
Material: Polietileno tereftalato "PET"		Operador:									
Elaborado por: Alejandro Roca – Tito Gutiérrez				Tiempo (minutos)				64			
Fecha:				Totales						Observaciones	
Descripción		Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	○	□	⇒	D	▽		
1	Almacenamiento de material PET	100lb		0					●		
2	Trasladar la materia prima al área de Fundición	50lb	5	5					●		
3	Mezcla de materiales			7	●						
4	Colocar aceite o grasa al molde	1/4lt		7					●		
5	Trasladar la Composición Termoplástica al molde		3	5	●						
6	Activar el sistema de compresión			9		●					
7	Separación de la viga ecológica del molde mediante el sistema de compresión			15					●		
8	Trasporte a la zona de enfriamiento		4	7					●		
9	Inspección			2		●					
10	Traslado de la viga ecológica al área de almacenamiento		5	5					●		
11	Almacenamiento de producto terminado			2					●		
TOTAL			17	64	4	1	4	0	2		