



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

“PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA FABRICACIÓN DE TECHOS
ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES, FACULTAD
DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA.”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:
INGENIERO(A) INDUSTRIAL

AUTORES:

VILLÓN RAMIREZ EVELYN CAROLINA
CLEMENTE GONZALEZ ALEX MAURICIO

TUTOR:

ING. BUENAÑO BUENAÑO EDISON NOE, Mgtr.

La Libertad, Ecuador

2025

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

TEMA:

**“PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA FABRICACIÓN DE TECHOS
ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES,
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

**VILLÓN RAMÍREZ EVELYN CAROLINA
CLEMENTE GONZALEZ ALEX MAURICIO**

TUTOR:

ING. BUENAÑO BUENAÑO EDISON NOE, Mgtr.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Villón Ramírez Evelyn Carolina** y **Clemente Gonzalez Alex Mauricio**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero(a) Industrial**.

TUTOR

f. 

Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Mgtr.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Ing. Balón Ramos Isabel Del Rocío, 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 AUTOMÁTICO PARA FABRICACIÓN DE TECHOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA”, elaborado por VILLÓN RAMÍREZ EVELYN CAROLINA y CLEMENTE GONZÁLEZ ALEX MAURICIO, 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. BUENAÑO BUENAÑO EDISON NOE, Mgtr.

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **VILLÓN RAMÍREZ EVELYN CAROLINA** y **CLEMENTE GONZÁLEZ ALEX MAURICIO**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **Prototipo automático para fabricación de techos ecológicos en la unidad de prácticas industriales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena** previo a la obtención del título de **Ingeniero Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

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

AUTORES

f. Evelyn Villón R
Villón Ramírez Evelyn Carolina

f. Alex Clemente Gonzalez
Clemente González Alex Mauricio

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **VILLÓN RAMÍREZ EVELYN CAROLINA** y **CLEMENTE GONZÁLEZ ALEX MAURICIO**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **Prototipo automático para fabricación de techos ecológicos en la unidad de prácticas industriales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena** previo a la obtención del título de **Ingeniero Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

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

AUTORES

f. Evelyn Villón R

Villón Ramírez Evelyn Carolina

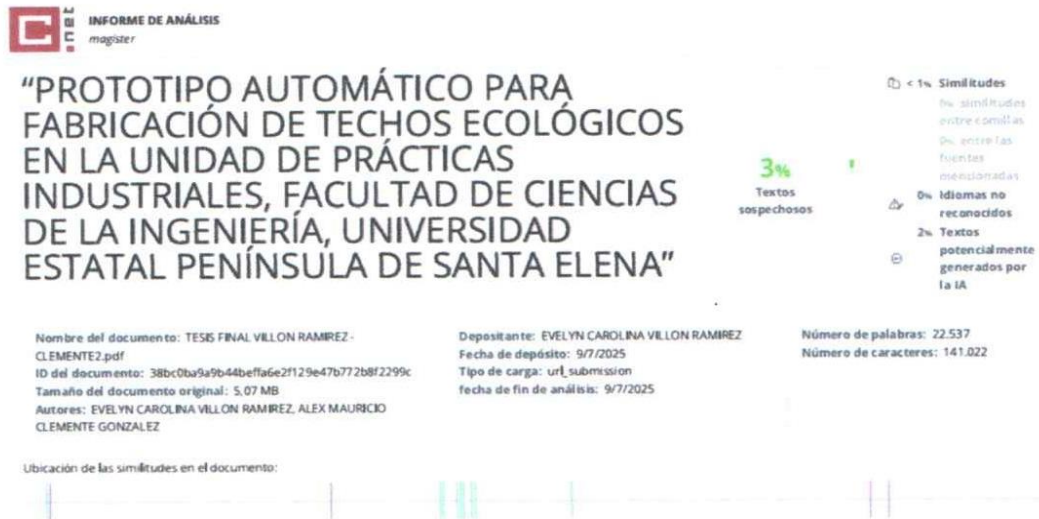
f. Alex Clemente Gonzalez

Clemente González Alex Mauricio

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**Prototipo automático para fabricación de techos ecológicos en la unidad de prácticas industriales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena**” elaborado por **VILLÓN RAMIREZ EVELYN CAROLINA** y **CLEMENTE GONZALEZ ALEX MAURICIO**, 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 3% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.



Atentamente,

FIRMA DEL TUTOR

f. 

ING. EDISON NOE BUENAÑO BUENAÑO

C.C.: 1804570636

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Certificado de gramática

Santa Elena, 03 de julio del 2025

Yo, **Mónica Isabel Paredes Castro**, Magister 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 AUTOMÁTICO PARA FABRICACIÓN DE TECHOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA”** elaborado por los estudiantes **EVELYN CAROLINA VILLÓN RAMÍREZ** y **ALEX MAURICIO CLEMENTE GONZÁLEZ** 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

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios, por otorgarme salud, fortaleza y sabiduría a lo largo de estos años. Su guía y bendiciones han sido fundamentales para superar cada obstáculo y alcanzar esta meta.

A mi querido esposo, quien fue la persona que me motivó a estudiar esta carrera confiando en mí, brindándome apoyo constante y fuerza necesaria para superar los momentos más difíciles en este proceso de formación profesional.

A mi familia en general, por ser mi pilar fundamental. Su amor incondicional, apoyo y confianza en mí han sido una fuente constante de motivación. Cada uno de ellos han contribuido de manera significativa en mi crecimiento personal y académico, impulsándome siempre a seguir adelante, incluso cuando las dificultades parecían insuperables.

Finalmente agradezco a mi docente tutor por compartir conmigo su conocimiento, sabiduría y dedicación, contribuyendo a mi formación tanto profesional como personal. Su guía ha dejado una huella imborrable en mi vida.

Villón Ramirez Evelyn Carolina

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios, por ser la fuente de mi fuerza, sabiduría y perseverancia a lo largo de este camino. Por iluminar mi mente, por darme la paciencia y la determinación necesarias para alcanzar este logro.

Al amor de mi vida mi querido esposo Daniel Silva, por confiar en mí durante mi formación académica, su paciencia infinita y por ser mi compañero de vida en todos los momentos, tanto en los felices como en los más desafiantes. Su apoyo ha sido fundamental para lograr esta meta. Le agradezco por estar a mi lado ayudándome a superar cada obstáculo con palabras de aliento para seguir avanzando.

A mis hermosos hijos Samir y Nayib, quienes me inspiran cada día a ser mejor y a luchar por mis sueños. Su amor y alegría me dan las fuerzas para seguir adelante y no rendirme.

A mi madre Mónica Ramírez, por su amor condicional y por haberme enseñado el verdadero significado de la perseverancia y la fuerza. Eres mi ejemplo y mi motor para luchar por mis sueños. También a mi ángel del cielo mi padre Enrique Villón, que siempre vive en mi corazón, aunque no esté físicamente a mi lado, su espíritu y legado siempre me acompañaron en cada paso.

Así mismo, quiero dedicar a mis hermanos, por su apoyo constante en cada etapa de mi vida. Gracias por ser parte fundamental de mi crecimiento.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis demás familiares y amigos por su apoyo, comprensión y por creer en mi incluso cuando mis fuerzas flaqueaban. Gracias por brindarme su respaldo.

Villón Ramirez Evelyn Carolina

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios por guiarme, llenarme de sabiduría, brindarme conocimiento y fortaleza de seguir en momentos difíciles.

A mi querida Madre por su amor incondicional, apoyo constante ha sido pilar fundamental de mi vida, su reciente fallecimiento ha dejado un vacío inmenso, pero tu amor, tu ejemplo y tu fuerza me acompañaron hasta el final. A mi padre Galo y a mi tío Guillermo quienes desde el cielo me guían por el camino del bien y ellos fueron los responsables de la persona que estoy siendo.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar mi carrera profesional. A mis profesores que me brindaron todo de sus conocimientos al cursar los semestres. También a mis compañeros de clases por brindarme su amistad, acompañarme en momento buenos y malos. A mi tutor de tesis, cuya experiencia, paciencia y apoyo constante, además por ser guía y su fe en mis habilidades me motivaron a alcanzar logros que no imagine.

Clemente Gonzalez Alex Mauricio

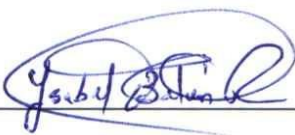
DEDICATORIA

El presente proyecto le dedico a mi mamá, que partiste y aunque no pudiste ver el fruto de este esfuerzo, te llevas mi agradecimiento eterno y siempre estarás conmigo, guiándome en cada paso, en cada palabra, en todo lo que soy y seré. A mis hermanos y familiares por ese apoyo incondicional.


A mi novia por su paciencia y acompañarme en momentos duros de mi etapa. Y en especial a mi papá Galo y mi tío Guillermo quienes me inculcaron desde pequeño superarme en ser mejor persona día a día y desde el lugar a que están son mi motivación para lograr mis objetivos.


Clemente González Alex Mauricio

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
Ing. Balón Ramos Isabel Del Rocío, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 
Ing. González Villacrés Franklin Rafael, Mgtr.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 
Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Mgtr.
DOCENTE TUTOR

f. 
Ing. Sosa Bueno Graciela Celedonia 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
DEDICATORIA	x
AGRADECIMIENTOS	xi
DEDICATORIA	xii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE GRÁFICO	xix
ÍNDICE DE FIGURAS	xxi
ÍNDICE DE ANEXOS	xxii
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS	xxiii
RESUMEN	xxiv
ABSTRACT	xxv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
MARCO TEÓRICO	4

1.1. Antecedentes investigativos.	4
1.2. Estado del arte.	4
1.2.1 Planificación.	5
1.2.1.1 Pregunta de investigación.....	5
1.2.1.2 Alcance de la investigación.	6
1.2.1.3 Definición de criterios.	6
1.2.2 Búsqueda.	7
1.2.3 Selección.....	7
1.2.4 Evaluación de calidad.....	8
1.2.5 Extracción y síntesis.	9
1.3. Fundamentos teóricos.	12
1.4. Recapitulación del capítulo 1.	12
CAPÍTULO II.....	13
MARCO METODOLÓGICO.....	13
2.1. Enfoque investigativo.	13
2.2. Diseño de investigación.....	13
2.5.1. Método de recolección de datos.	18
2.5.2. Técnica para la recolección de datos.	19
2.5.3. Procedimiento de validación de la encuesta.	19
2.6. Variables de estudio.	20
2.7. Plan de análisis e interpretación de resultados.	21
2.8. Recapitulación del capítulo II.....	23
CAPÍTULO III.....	24

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. Marco de resultados.....	24
3.1.1. Validación por expertos.	24
3.1.1.1. Paso 1.- Fase preliminar.....	24
3.1.1.2. Paso 2.- Fase exploratoria:.....	26
3.1.1.2.1. Fase 0.- Requerimiento de diseño.....	26
3.1.1.2.1.1. Aplicación del método Kano.	26
3.1.1.2.1.2. Lista de requerimientos funcionales.	29
3.1.1.3. Paso 3.- Fase final.....	29
3.1.1.4. Fase 1: Concepto de diseño.	30
3.1.1.4.1. Selección de componentes.....	30
3.1.1.4.2. Diagrama de flujo de proceso.	34
3.1.1.5. Fase 2.- Diseño detallado.....	35
3.1.1.5.1. Selección de materiales y estimación de cantidades preliminares:	35
3.1.1.5.2. Diseño mejorado del prototipo automático.	36
3.1.1.5.3. Plano eléctrico.	39
3.1.1.6. Fase 3.- Fabricación del prototipo.	40
3.1.1.6.1. Diagrama de cuerpos libres.	41
3.1.1.6.2. Proceso de manufactura por componente.	42
3.1.1.6.3. Análisis estático.....	44
3.1.1.6.4. Análisis térmico.....	47
3.1.1.6.5. Proceso de fabricación de prototipo automático.....	51
3.1.1.6.6. Programación Ladder.....	53

3.1.1.7.	Fase 4.- Pruebas de funcionamiento.....	54
3.1.1.7.1.	Preparación de la materia prima.....	54
3.1.1.7.2.	Funcionamiento del prototipo automático.....	55
3.1.1.7.3.	Ciclo de producción y capacidad operativa del prototipo.....	57
3.1.1.7.4.	Estudios de métodos y tiempos.....	57
3.1.1.7.5.	Análisis comparativo del actual y propuesto.....	63
3.1.1.7.6.	Control de calidad en la fabricación del prototipo.....	66
3.1.1.7.7.	Diagrama de operaciones proceso.....	69
3.1.1.7.8.	Diagrama de analítico de proceso.....	69
3.1.1.7.8.1.	Validación final.....	72
3.1.1.7.8.2.	Análisis de fiabilidad alfa de Cronbach.....	76
3.1.1.7.8.3.	Correlación de las variables por el método de Pearson.....	77
3.1.1.7.9.	Costos.....	78
3.1.1.7.10.	Cálculos del VAN, TIR, PR.....	79
3.1.1.7.11.	Plan de mantenimiento.....	80
3.2.	Discusión.....	83
	CONCLUSIONES	84
	RECOMENDACIONES	85
	BIBLIOGRAFÍA	86
	ANEXOS	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición de criterios de selección.....	6
Tabla 2: Fuentes consultadas.....	7
Tabla 3: Selección de investigaciones.....	7
Tabla 4: Ponderación de evaluación en orden jerárquico.....	9
Tabla 5: Determinación de la población.....	17
Tabla 6: Población.....	17
Tabla 7: Operacionalización de las variables.....	21
Tabla 8: Plan de análisis.....	21
Tabla 9: Características de los expertos seleccionados.....	25
Tabla 10: Validación del contenido de diseño.....	26
Tabla 11: Evaluación de atributos.....	26
Tabla 12: Tabulación de encuesta.....	27
Tabla 13: Procesamiento de datos del método Kano.....	27
Tabla 14: Resultados.....	28
Tabla 15: Lista de requerimientos funcionales.....	29
Tabla 16: Matriz morfológica de alternativas para la selección de materiales.....	30
Tabla 17: Matriz de ponderación.....	30
Tabla 18: Matriz de decisión de estructura del prototipo.....	31
Tabla 19: Matriz de decisión de dimensión de los moldes.....	31
Tabla 20: Matriz de decisión de sistema de calentamiento.....	32
Tabla 21: Matriz de decisión de sistema de control de temperatura.....	32
Tabla 22: Matriz de decisión de sistema de control automatizado.....	33
Tabla 23: Matriz de decisión de sistema hidráulico.....	33
Tabla 24: Selección de materiales y estimación de costos preliminares.....	35
Tabla 25: Proceso de manufactura por componente.....	42
Tabla 26: Propiedades físicas y mecánicas.....	43
Tabla 27: Armaje del prototipo.....	51
Tabla 28: Propiedades del polialuminio.....	54
Tabla 29: Mezcla de materia prima.....	55
Tabla 30: Cálculo de ciclo de producción y capacidad operativa del prototipo.....	57
Tabla 31: Cronometraje de muestras de tiempos.....	57
Tabla 32: General Electric Company.....	58

Tabla 33: Resultado de medición de trabajo.....	59
Tabla 34: Calificación.....	59
Tabla 35: Resumen de estudio de tiempo.	60
Tabla 36: Cartas de control.....	61
Tabla 37: Diagrama analítico del proceso- actual.	63
Tabla 38: Diagrama analítico del proceso- propuesto.	64
Tabla 39: Control de calidad en la fabricación.	66
Tabla 40: Proceso descriptivo de la materia prima.....	67
Tabla 41: Diagrama analítico del proceso.	70
Tabla 42: Pruebas de funcionamiento.....	71
Tabla 43: Valoración del contenido.	72
Tabla 44: Tabulación de los datos obtenidos de la encuesta.....	73
Tabla 45: Análisis de resultados obtenidos de la encuesta.	74
Tabla 46: Resumen de procesamiento de casos.....	76
Tabla 47: Fiabilidad del instrumento.....	77
Tabla 48: Correlación entre variables por el coeficiente de Pearson.....	77
Tabla 49: Costos totales.....	78
Tabla 50: Periodo de recuperación.	80
Tabla 51: Plan de mantenimiento PROT-2025.	81
Tabla 52: Cronograma de actividades.	82

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1: Relación de funcionalidad y satisfacción Kano.	15
Gráfico 2: Plan de análisis de datos.....	18
Gráfico 3: Esfuerzo normal de los ejes de ejecución.	45
Gráfico 4: Esfuerzo normal estructura base.	46
Gráfico 5: Fuerza de reacción estática.....	46
Gráfico 6: Factor de seguridad.	47
Gráfico 7: Análisis térmico del molde.....	48
Gráfico 8: Dimensiones del techo.	49
Gráfico 9: Proceso de fabricación del prototipo automático.....	51
Gráfico 10: Promedios.....	62

Gráfico 11: Rangos.	62
Gráfico 12: Comparativa actual-propuesto.	65
Gráfico 13: Ponderación de datos- Pregunta 1.	110
Gráfico 14: Ponderación de datos- Pregunta 2.	110
Gráfico 15: Ponderación de datos- Pregunta 3.	110
Gráfico 16: Ponderación de datos- Pregunta 4.	111
Gráfico 17: Ponderación de datos- Pregunta 5.	111
Gráfico 18: Ponderación de datos- Pregunta 6.	111
Gráfico 19: Ponderación de datos- Pregunta 7.	112
Gráfico 20: Ponderación de datos- Pregunta 8.	112
Gráfico 21: Ponderación de datos- Pregunta 9.	112
Gráfico 22: Ponderación de datos- Pregunta 10.	113
Gráfico 23: Ponderación de datos- Pregunta 11.	113
Gráfico 24: Ponderación de datos- Pregunta 12.	113
Gráfico 25: Ponderación de datos- Pregunta 13.	114
Gráfico 26: Ponderación de datos- Pregunta 14.	114
Gráfico 27: Ponderación de datos- Pregunta 15.	114
Gráfico 28: Ponderación de datos- Pregunta 16.	115
Gráfico 29: Ponderación de datos- Pregunta 17.	115
Gráfico 30: Ponderación de datos- Pregunta 18.	115
Gráfico 31: Ponderación de datos- Pregunta 19.	116
Gráfico 32: Ponderación de datos- Pregunta 20.	116
Gráfico 33: Ponderación de datos- Pregunta 21.	116
Gráfico 34: Ponderación de datos- Pregunta 22.	117
Gráfico 35: Ponderación de datos- Pregunta 23.	117
Gráfico 36: Ponderación de datos- Pregunta 24.	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de revisión sistemática de la literatura.	5
Figura 2. Métodos de diseño encontrados.	8
Figura 3: Métodos seleccionados.	10
Figura 4: Protocolo del diseño para la manufactura y ensamblaje.....	11
Figura 5: Guía de diseño de investigación.	13
Figura 6. Esquema de diseño de ingeniería concurrente.	14
Figura 7: Proceso de validación de la encuesta.....	19
Figura 8: Boceto inicial del prototipo.....	25
Figura 9: Diagrama de flujo de proceso de construcción del prototipo.	34
Figura 10: Diseño mejorado del prototipo automático.....	36
Figura 11: Diseño estructural de la base del prototipo.	37
Figura 12: Diseño estructural del molde inferior.	37
Figura 13: Diseño estructural del molde superior.	38
Figura 14: Diseño estructural de la cubierta superior.....	38
Figura 15: Diseño del techo molde.	39
Figura 16: Plano eléctrico.	40
Figura 17: Diagrama de cuerpo libre de estructura.	41
Figura 18: Diagrama de cuerpo libre de soporte de gata hidráulica.....	41
Figura 19: Programación LADDER.....	53
Figura 20: Cierre y posicionamiento del molde.....	55
Figura 21: Prensado térmico.	56
Figura 22: Descenso del molde móvil y descarga.....	56
Figura 23: Fases de preparación de material reciclado.	67
Figura 24: Diagrama de operaciones de proceso.	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Tablas elaboradas en el software Microsoft Excel.....	93
Anexo B: Artículos seleccionados.....	93
Anexo C: Matriz de consistencia.	95
Anexo D: Operacionalización de las variables.	96
Anexo E: Ficha técnica del instrumento.	99
Anexo F: Evidencia de validación de primer boceto inicial.	100
Anexo G: Evidencia de validación de expertos segundo boceto.	102
Anexo H: Evidencia de validación de cuestionario.	108
Anexo I: Formulario de encuesta aplicado en Google Forms.....	110
Anexo J: Estadísticas de fiabilidad y correlaciones.....	118
Anexo K: Ficha técnica del prototipo automático.	118
Anexo L: Programación Ladder.....	119
Anexo M: Ficha técnica controlador de temperatura.....	119
Anexo N: Ficha técnica de la gata hidráulica.....	120
Anexo O: Características de acero A-36.....	120
Anexo P: Características del PLC Siemens LOGO.	121
Anexo Q: Plano de resultado de techo de polialuminio.....	121

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

- AHP: Proceso jerárquico analítico.
- CAD: Diseño asistido por computador.
- DFM: Diseño para la manufactura.
- DOP: Diagrama de operaciones del proceso.
- DFMA: Diseño para la manufactura y ensamblaje.
- FEM: Método de elementos finitos.
- NTC: Normas técnicas de calidad.
- PLC: Controlador lógico programable.
- HP: Caballo de fuerza.
- KN: Kilo newton.
- MPA: Mega pascales.
- K: Coeficiente kappa.
- N: Newton.
- CM: Centímetro.
- MM: Milímetro.
- M²: Metros cuadrados.

“PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA FABRICACIÓN DE TECHOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.”

Autores: Villón Ramírez Evelyn Carolina

Clemente González Alex Mauricio

Tutor: Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Mgtr.

RESUMEN

En la actualidad, a nivel mundial existen empresas industriales dedicadas a la fabricación de láminas en base de materiales reciclables, combatiendo el impacto ambiental. El objetivo de la presente investigación fue diseñar un prototipo automático para la fabricación de techos ecológicos mediante el primer diseño de la estructura en AutoCAD 3D y su mejora SolidWorks, utilizando una revisión exhausta de la literatura para identificar estudios relevantes del prototipo, el uso del método de análisis jerárquico (AHP), que permitió establecer una secuencia lógica metodológica bajo el esquema de diseño de ingeniería concurrente. De esta manera, los resultados indicaron que el diseño es factible, operando con una temperatura de tratamiento de 255°C, mediante una prensa hidráulica de 5 toneladas generando un ciclo de producción de 41 minutos. Las dimensiones de los techos ecológicos son de 0.80 m x 0.50 m, obteniéndose un acabado óptimo bajo parámetros de construcción por termocompresión. Se comprobó la fiabilidad de los datos mediante un análisis estadístico con el software SPSS, obteniéndose un coeficiente alfa de Cronbach de 0.997. El proyecto tiene un periodo de recuperación de la inversión inicial en un plazo menor de un año, evidenciando la viabilidad financiera. Los resultados muestran que las mejoras implementadas contribuyen positivamente a la funcionalidad, aceptación y sostenibilidad del prototipo.

Palabras Claves: *Prototipo automático, techos ecológicos, diseño.*

“AUTOMATIC PROTOTYPE FOR THE MANUFACTURING OF ECOLOGICAL ROOFS IN THE INDUSTRIAL PRACTICES UNIT, FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES, SANTA ELENA PENINSULA STATE UNIVERSITY.”

Author: Villón Ramírez Evelyn Carolina

Clemente González Alex Mauricio

Tutor: Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Mgtr.

ABSTRACT

Currently, there are industrial companies worldwide dedicated to the manufacture of sheets based on recyclable materials, combating environmental impact. The objective of this research was to design an automatic prototype for the manufacture of green roofs by first designing the structure in AutoCAD 3D and then enhancing it with SolidWorks. A thorough review of the literature was used to identify relevant studies of the prototype. The use of the hierarchical analysis method (AHP) allowed establishing a logical methodological sequence under the concurrent engineering design scheme. Thus, the results indicate that the design is feasible, operating at a treatment temperature of 255 °C, using a 5-ton hydraulic press, generating a production cycle of 41 minutes. The dimensions of the green roofs are 1 m x 0.50 m, obtaining an optimal finish under thermocompression construction parameters. Data reliability was verified through statistical analysis using SPSS software, yielding Cronbach's alpha coefficient of 0.997. The project has a payback period of less than one year on the initial investment, demonstrating its financial viability. The results show that the implemented improvements positively contribute to the prototype's functionality, acceptance, and sustainability.

Key words: *Key words: Automatic prototype, ecological roofs, design.*

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la fabricación de envases laminados representa uno de los factores fundamentales para garantizar el aseguramiento de productos alimenticios distribuidos y almacenados bajo ciertas condiciones ambientales, prolongando su vida útil hasta por seis meses o más. No obstante, su reciclaje contribuye uno de los desafíos más grandes debido a la dificultad en la separación de sus compuestos, lo que provoca que estos materiales, en muchas ocasiones, se convierten en residuos que terminan en vertederos (Recupido et al., 2023). Otro estudio, indica que los envases elaborados con cartón, aluminio y polietileno presentaron en 2019 una tasa de reciclaje del 26 % a nivel mundial, con las de 190 millones de unidades distribuidas en más de 160 países (Georgiopoulou et al., 2021). Lo cual indica este estudio la importancia del reciclaje de estos materiales para mitigar la contaminación ambiental.

En Colombia, un estudio demostró el potencial de reutilización del Tetra Pak. Macias, et al., (2020) evidenciaron mejoras en propiedades mecánicas, como resistencia a la tracción y flexión en compuesto con un 90 % Tetra Pak y 10 % en peso de LDE. Así mismo Arbeláez et al. (2019) señalaron la durabilidad de estos materiales tratados mediante termoformado, mientras en Brasil un estudio nombrado como “Tetra Pak como material reflectivo en techados”, destacaron su aplicación en la aplicación de techados ecológicos de alta reflectividad y baja transmisibilidad térmica da Silva et al. (2015).

En el Ecuador, la generación de residuos sólidos urbanos ha crecido considerablemente en los últimos años. Particularmente, el reciclaje de envases de tetra pack se ha posesionado como una alternativa de gran impacto ambiental, con una recolección aproximadamente 2.500 toneladas en el 2018, situando a Ecuador como líder en la región (Castañeda et al., 2022). Con el propósito de fortalecer las prácticas sostenibles, el país impulsa modelos de negocios circulares, como se establece en el plan Nacional de desarrollo 2021 al 2025 (Guerrero et al., 2024).

En la provincia de Santa Elena, el impacto ambiental generado por residuos sólidos es especialmente notable en zonas costeras y turísticas. Se resalta la incorrecta gestión de residuos derivados del turismo y del consumo de alimentos envasados ha generado altos niveles de contaminación en ecosistemas de playas (Ortiz et al. 2019).

Formulación del problema.

El problema general se formuló con la siguiente interrogante: ¿La elaboración de un prototipo automático de prensado de láminas mediante técnicas de diseño por termoformado, facilitará la producción de techos ecológicos en la unidad de prácticas industriales, facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena?

Alcance.

Este proyecto tiene como finalidad la fabricación de una máquina que promueva la reutilización del residuo tetra pak posconsumo, para producir laminas ecológicas que sean útiles en las construcciones de techados en las viviendas sostenibles, que desea fomentar la facultad de ciencias de la ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicada en cantón La libertad de la provincia de Santa Elena. La implementación de este trabajo de investigación trae consigo beneficios sociales, económicos y ambientales, al estar estrechamente relacionado con la producción de nuevos productos que sean amigables con el ambiente y así cubrir la necesidad de implementar medidas ecológicas de construcción de viviendas sostenibles.

Justificación de la investigación.

La justificación de la investigación se realizó en base a 4 aspectos: en primer lugar, **justificación teórica**, se fundamenta en teorías de sostenibilidad, economía circular e ingeniería del diseño, que promueven el uso de residuos posconsumo como materia prima de nuevo productos innovadores (Erazo, 2022). En segundo lugar, la **justificación práctica** contribuye a solucionar un problema relacionado a la necesidad de gestionar adecuadamente residuos sólidos urbanos, particularmente los envases de tetra pak, difíciles de reciclar con métodos tradicionales (Enrique et al., 2019). En tercer lugar, la **justificación metodológica** integra fases de revisión bibliográfica, diseño asistido por computadora, simulación, construcción del prototipo y validación mediante pruebas funcionales. Se emplean técnicas de diseño de ingeniería DFMA (Erazo, 2022). Finalmente, la **justificación social** busca generar un impacto positivo al contribuir con la disminución de residuos contaminante en la provincia de santa elena, aportando a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), en especial el ODS 11 (ciudades sostenibles) y el ODS12 (producción y consumo responsables)(Vidal, 2020).

Objetivo general.

Diseñar un prototipo automático para la fabricación de techos ecológicos en la unidad de prácticas industriales facultad de ciencias de la ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Objetivos específicos.

OE1: Realizar un estado del arte, mediante una revisión de la literatura integrado con el modelo matemático del proceso jerárquico analítico (AHP), basado en estudios relevantes de procesos de termocompresión que permita la identificación de métodos y herramientas para el diseño del prototipo.

OE2: Establecer un marco metodológico que estructure de manera secuencial las etapas del diseño y fabricación del prototipo automático, desde los requerimientos y hasta las pruebas de funcionamiento.

OE3: Construir el prototipo automático mediante el cumplimiento de las fases del diseño y pruebas finales del funcionamiento en la fabricación de techos ecológicos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos.

Rodríguez (2019) destaca en su proyecto el diseño y fabricación de una prensa electrohidráulica, donde estudia las generalidades de los componentes necesarios y las necesidades mecánicas que destaquen el buen desempeño del equipo, se determinan la selección de elementos mediante fórmulas de diseño mecánico de componentes, adicional a ello, realiza estudios de esfuerzos resultantes con análisis de elementos finitos en el software SolidWorks indicando que una estructura construida con acero AISI A36.

(Villabón et al., 2021), señala en su proyecto que se implementan controladores específicos de temperaturas como estrategia para un mejoramiento térmico en procesos de tratamientos para cambiar o agregar propiedades de los materiales, modificando resistencia, dureza o ductilidad. Por otro lado, (Serrano, 2023) en su trabajo de caracterización de los compuestos del tetra pak, destaca la ventaja sobre su reciclaje y pruebas de laboratorio en la experimentación para la obtención de láminas de poli aluminio, este se desarrolla mediante la técnica del hidropulpado, el método empleado es el no experimental, pues permite establecer parámetros de presión, tiempo y temperatura.

Estudios realizados en Ecuador, no se encontró; sin embargo, teniendo en cuenta las bases teóricas sobre los factores que inciden en el proceso de producción de láminas de poli aluminio, se resalta la importancia de la innovación tecnológica en la transformación de materiales provenientes de desechos de residuos sólidos. Esta innovación actúa como catalizador para la creación de diseños con mejores características térmicas y mecánicas.

1.2. Estado del arte.

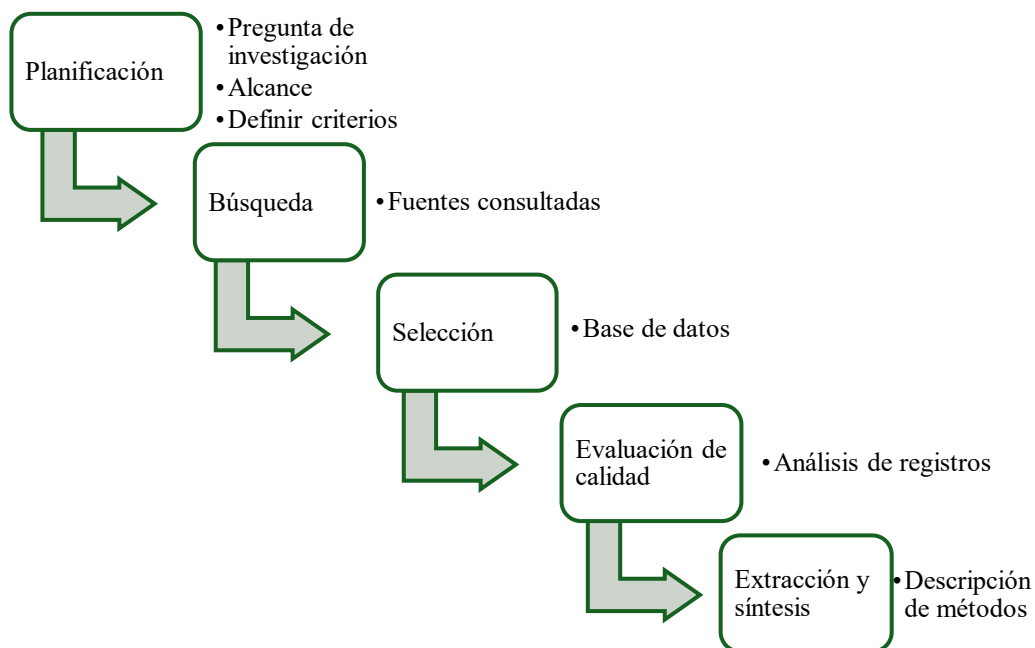
Según (Vargas et al., 2015), constituye un marco metodológico que permite recuperar y describir información mediante un balance e inventario bibliográfico, facilitando la identificación del estado actual de un concepto. Con base en las fuentes revisadas mediante el método de revisión sistemática de la literatura (Peñalba et al., 2023) afirma que, el método de análisis jerárquico (AHP), en conjunto con el método Saaty,

constituye un sistema logístico que evalúa alternativas basándose en la experiencia y conocimiento de los actores involucrados.

En la figura 1, se muestra un esquema de revisión sistemática de la literatura, basado en una secuencia lógica que permite recolectar conocimientos de estudios bajo evidencias publicadas según (Revelo et al., 2015). Este consta de seis etapas de acción: planificación, búsqueda, selección, evaluación de calidad y extracción y síntesis, se aplican con el objetivo de realizar una búsqueda estratificada didáctica.

Figura 1.

Proceso de revisión sistemática de la literatura.



Nota. Elaborado por los autores en base a la investigación de Revelo et al. (2018).

1.2.1 Planificación.

(Mena et al., 2022), comenta que, al realizar una revisión sistemática de la literatura, se sintetizan resultados de datos con un valor descriptivo que permite identificar, analizar y evaluar todas aquellas características relacionadas al tema.

1.2.1.1 Pregunta de investigación

P1: ¿Qué avances tecnológicos del 2019-2024 en prototipos automáticos de termocompresión de residuos multicapas permiten la producción de techos ecológicos de poli aluminio que están presentes en el contexto de la literatura científica?

1.2.1.2 Alcance de la investigación.

Se llevo a cabo una revisión sistemática de la literatura científica publicada Se establece una limitante de tiempo con fechas de 04/02/2019 hasta el 25/11/2024, con el fin de incorporar únicamente estudio recientes y relevantes relativo al tema, esto se denomina actualización y se considera importante para comprobar la veracidad de las líneas de investigación (Pardal & Ochoa, 2017).

La búsqueda se realizó en ScienceDirect y Scielo.org, aplicando los criterios de inclusión y exclusión definidos en el protocolo de revisión para garantizar la reproducibilidad y la pertinencia de los estudios seleccionados en relación con los objetivos de este estudio.

1.2.1.3 Definición de criterios.

(Vásquez et al., 2024), menciona que los fundamentos para la elegibilidad se comprenden en restricciones de criterios de búsqueda, que permiten incluir o excluir los estudios en la etapa de análisis, con el fin de agrupar investigaciones relativas y con mayor peso en la descripción del tema que se quiere indagar.

Tabla 1.

Definición de criterios de selección.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos, tesis publicadas entre 2019-2024, que disponen de los procesos de diseño de máquinas automatizadas.	Artículos y tesis publicadas anteriormente del 2019, posteriores a noviembre del 2024.
Artículos y tesis que describan el diseño o automatización de máquinas para fabricar laminas ecológicas a partir de envases tetra pak (poli aluminio).	Artículos y tesis que no incluyan el diseño o automatización de máquinas para fabricar laminas ecológicas a partir de envases tetra pak (poli aluminio).
Artículos, tesis con estudios de fabricación de prensas termo prensado para compactar compuestos.	Artículos que no dispongan de estudios sobre la fabricación de prensas termo prensado.
Artículos y publicaciones con información de procesos de producción de techos ecológicos para su inclusión en construcciones sostenibles.	Artículos y publicaciones que no dispongan de información de procesos de producción de techos ecológicos para su inclusión en construcciones sostenibles.

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 1, demuestra los criterios de inclusión y exclusión que tienen contraste con la etapa de selección de artículo científicos, relacionados con la fabricación de un prototipo automático para la producción de techos ecológicos, comprendido por los

factores de búsqueda como: procesos de diseño, análisis computarizado, diseño de máquinas termo hidráulicas y producción de techos ecológicos.

1.2.2 Búsqueda.

Para localizar los estudios que cumplen con los criterios definidos en la sección anterior, se siguió el siguiente protocolo de búsqueda:

Fuentes consultadas.

Tabla 2.

Fuentes consultadas.

Base de datos	Cadena de búsqueda	Publication title
ScienceDirect	Artículos con interés en: “Desing” AND “products” AND “machine desing” AND “machineries” OR “eco-friendly”.	Journal of materials research and technology. Results in engineering. Construction and building materials. KSCE journal of civil engineering. Material & desing.
	Design for the manufacturing OR DFMA AND machineries.	Materials & Desing. Materials Advances. Journal of Energy.
Scielo.org	((diseño) Y (ensamblado)) AND (molde) AND (manufactura) AND (aluminio).	Ingeniería mecánica. Investigación, ingeniería y tecnología.

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 2, se muestra el contenido de las bases científicas exploradas mediante un sistema de búsqueda con términos de interés interconectados por operadores boléanos, estos son requisitos para ampliar el margen de selección de artículos publicados en revistas y de acceso abierto en el rango de tiempo específico.

1.2.3 Selección.

Presentación de resultados.

Tabla 3.

Selección de investigaciones.

No	Fuentes	Cantidad	Excluidos	Diferencia	Porcentaje
1	ScienceDirect	469	450	29	58%
2	Scielo.org	187	156	21	42%
	Total	656	606	50	100%

Nota. Elaborado por los autores.

La búsqueda de artículos se concreta en la selección de investigaciones que tengan relación con los términos antes mencionados en la tabla 3, en base a los criterios de inclusión y exclusión se deprecian estudios que no tengan bases científicas que respalden los procesos de diseño de máquinas o productos, para finalmente llegar a la conclusión de que 50 artículos como se observa en el anexo B.

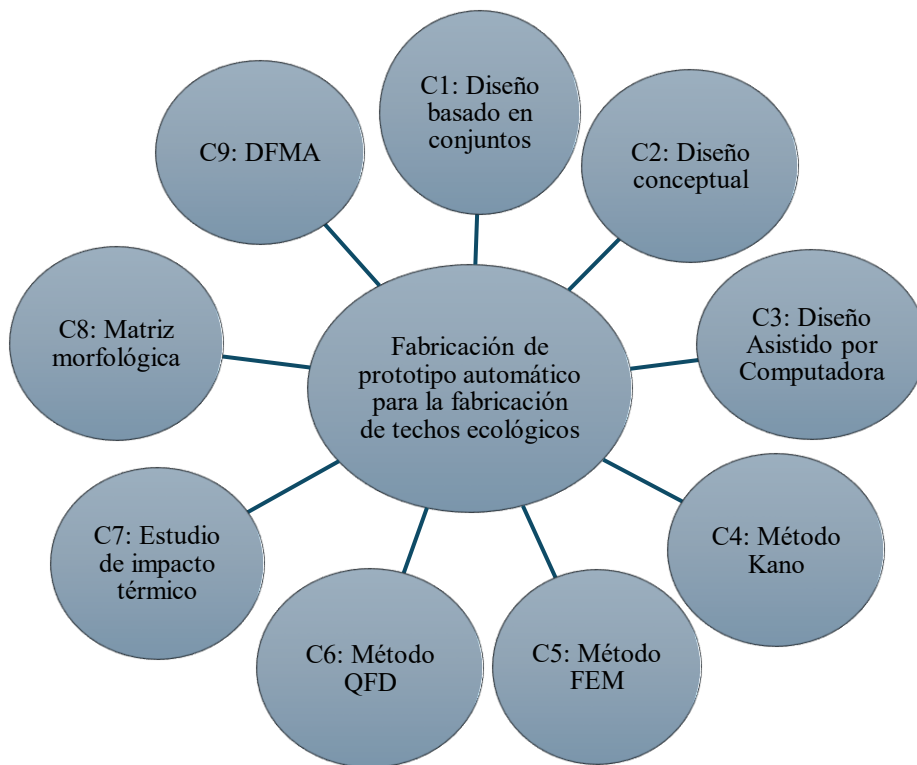
1.2.4 Evaluación de calidad.

Análisis de registros.

Según (Beltrán et al., 2021), el modelo matemático del proceso jerárquico analítico (AHP), se caracteriza por ser una forma efectiva de establecer una medida para ciertos elementos, esta teoría se respalda en identificar que método o herramienta es el más adecuado para las situaciones de investigaciones planteada y que puede aplicar en distintos aspectos técnicos, económicos, políticos, entre otros.

Figura 2.

Métodos de diseño encontrados.



Nota. Elaborado por los autores.

En la figura 2, establece los métodos de criterios encontrados tales como: C1) al diseño basado en conjuntos, C2) diseño conceptual, C3) diseño asistido por

computadora, C4) método Kano, C5) método FEM, C6) método QFD, C7) estudio de impacto térmico, C8) matriz morfológica y C9) DFMA.

Tabla 4.

Ponderación de evaluación en orden jerárquico.

C	Criterios	Ponderación
C9	Diseño para la manufactura y ensamblaje (DFMA).	0,18
C3	Diseño asistido por computadora.	0,16
C4	Método Kano.	0,14
C1	Diseño basado en conjuntos.	0,11
C7	Estudio de impacto térmico.	0,11
C6	Método QFD.	0,09
C2	Diseño conceptual.	0,09
C8	Matriz morfológica extendida.	0,08
C5	Método FEM.	0,07

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 4, se detalla la ponderación en orden jerárquico de los resultados dispuestos por el cálculo aplicado en las secciones anteriores, tres métodos de diseño destacan su uso en investigaciones y su relación con los otros. Esto implica la identificación de parámetros de diseño, como punto de partida para las consideraciones mecánicas evaluadas por expertos con el método Kano, seguido de un apartado técnico considerado como el método de diseño para la manufactura y ensamblaje que dispone de una serie de pasos para diseñar y simular el producto que se quiere fabricar, integrando las fases de simulación cualitativa y de esfuerzos normales con el software SolidWorks.

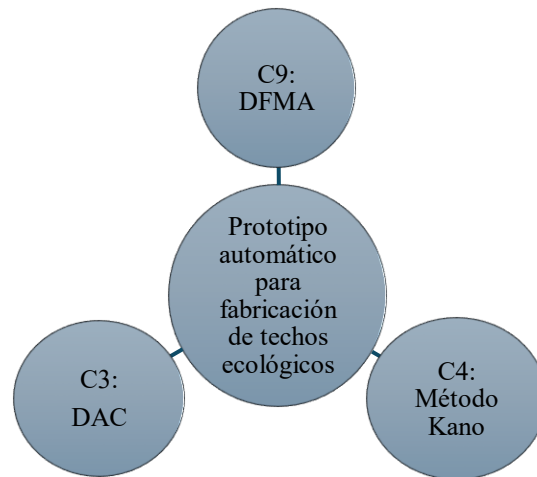
1.2.5 Extracción y síntesis.

Descripción del método.

Al utilizar un modelo de análisis jerárquico de las herramientas de diseño encontradas en el marco de la literatura científica, se pudo determinar un procedimiento lógico conformado por tres métodos, el diseño para la manufactura y ensamblaje (DFMA), diseño asistido por computadora y el uso del método.

Figura 3.

Métodos seleccionados.



Nota. Elaborado por los autores.

En la figura 3, consta de la identificación de parámetros de diseño, con el fin de realizar un listado de los requerimientos funcionales, seguido del método estructurado por una parte conceptual, diseño de manufactura y ensamblaje (DFMA) y la simulación en el software para concluir la producción de la máquina.

Discusión.

Es evidente la importancia del seguimiento de las bases de diseño para la elaboración de equipos modernos, conectar con el cliente para satisfacer sus necesidades en base a los requerimientos que se puedan identificar en una investigación cualitativa, por ello, (Álvarez et al., 2018) propone en su trabajo de investigación la implementación del método Kano, un sistema que integra bases de indagación con preguntas claves que permiten destacar una evaluación de parámetros para determinar los requerimientos funcionales del diseño del prototipo.

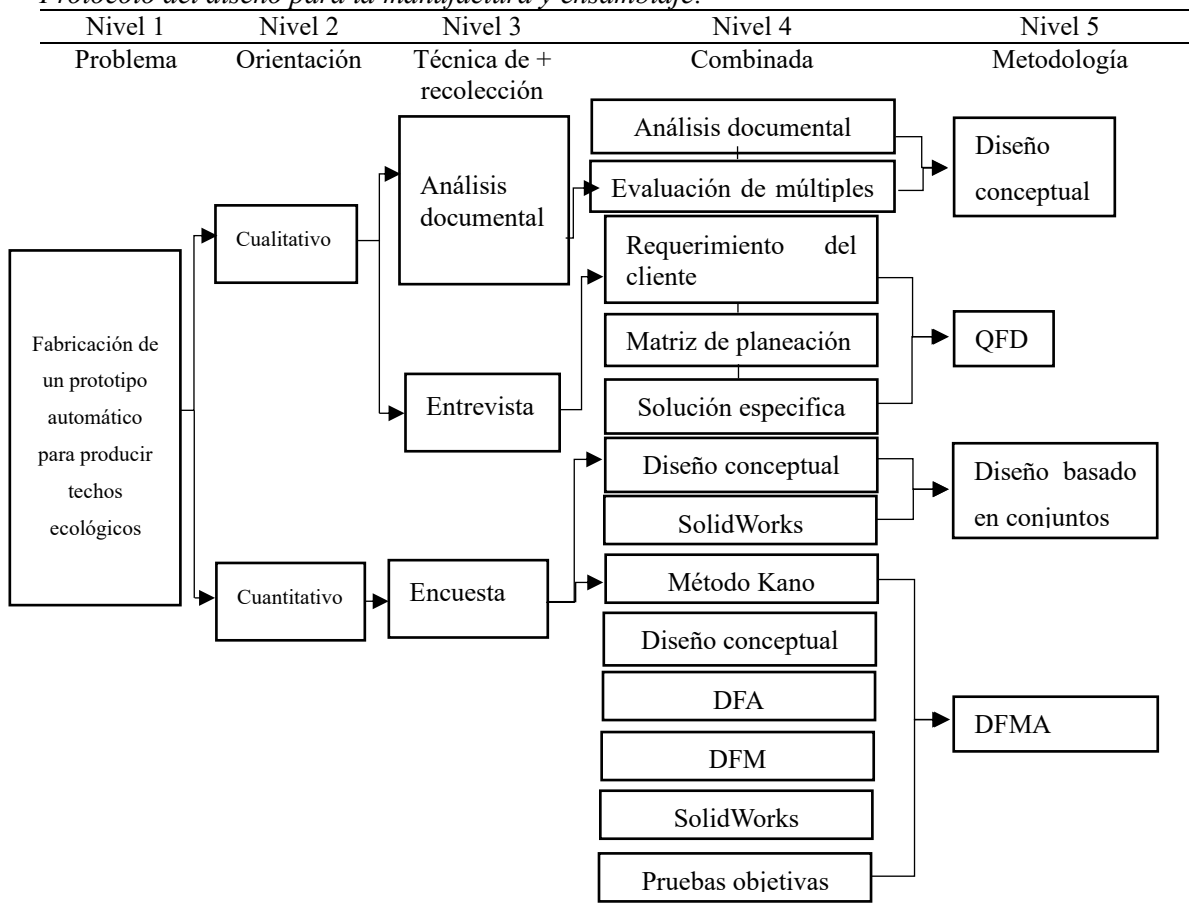
(Beltrán et al., 2021), destaca la implementación de modelos conceptuales, partiendo de planos de piezas que representen el esquema geométrico de los componentes de la máquina a diseñar. La etapa de fabricación, funcionalidad y ensamblaje se complementan con el diseño asistido por computador, con el fin de optimizar los errores durante la producción, se crean modelos de simulación cualitativa para los componentes en un plano 3D, cargas, esfuerzos, entre otros, González et al. (2019).

Uno de los métodos más innovadores durante el proceso de diseño, es la utilización de la conocida tabla morfológica, es un esquema que permite comparar tecnologías que pueden ser aplicables y evaluadas bajo ciertos criterios de ponderaciones, Gómez et al. (2022). Este trabajo se sustenta bajo la implementación de la investigación, diseño y mecanizado de piezas, que conllevan a un proceso de fabricación y ensamblaje, se estudian bajo la modalidad del diseño asistido por computador, tal y como lo indica el autor Kumar et al. (2019).

Protocolo de integración.

Figura 4.

Protocolo del diseño para la manufactura y ensamblaje.



Nota. Elaborado por los autores.

En la figura 4, el protocolo de investigación representa la unificación de los procesos complejos encontrados, es necesario tener una orientación cuantitativa, asegurando la recolección de datos de los parámetros de diseño por evaluación de expertos dispuesta por el método Kano, seguido de los procesos de diseño que integra el diseño para la manufactura y ensamblaje, el cual será la base metodológica para el desarrollo de este proyecto.

1.3. Fundamentos teóricos.

Estudio de esfuerzos mecánicos: es un tipo de análisis que generalmente se lo realiza en el software SolidWorks simulation, donde se crea la estructura con las especificaciones técnicas previamente diseñadas con el fin de evitar fallos, se especifican condiciones y tipo de materiales que van a ser sometidos a la simulación, para finalmente presentar un esquema modelado con las cargas (Belin, 2016).

Envases de Tetra Pack: estos son laminados con distintas capas compuestas de cartón, polietileno de baja densidad y aluminio, estos ayudan a preservar los alimentos para que mantengan sus condiciones naturales durante un periodo estimado de 6 meses aproximadamente (Mere, 2014).

Modelo KANO: este es un sistema de gestión de la calidad, se encarga de medir la relación que existe entre funcionalidad de los productos o servicios en base a la satisfacción del cliente o suplir una necesidad (Abad et al., 2024).

Diseño conceptual: es un proceso sistemático en el cual los diseñadores integran una serie de pasos lógicos que definen el propósito del diseño (Guerrero et al., 2014).

DFMA: es el diseño para la manufactura y ensamblaje, un método de diseño que busca dar solución a un problema específicamente relacionado con la fabricación y ensamble de los productos. Además, tiene un enfoque de ingeniería simultaneo que brinda soluciones de diseños respecto del ciclo de vida (González & Sánchez, 2017).

1.4. Recapitulación del capítulo 1.

En el capítulo I se empleó el método de revisión sistemática de la literatura científica, en conjunto con el método bibliográfico se estudiaron las bases teóricas con información referente a la fabricación de máquinas industriales, las alternativas de diseño se evaluaron con el método de análisis jerárquico AHP. (Álvarez et al., 2018) propone iniciar el diseño de un equipo, integrados en el método Kano donde se planifica y clasifican las funciones para recopiar información de requerimientos de fabricación. Por otro lado, González et al. (2019) integra el proceso metodológico DFMA para representar las necesidades del producto con diseños que inicien con una parte conceptual, selección de materiales y simulación en software de diseño SolidWorks y comenzar con las pruebas objetivas del funcionamiento del equipo.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Enfoque investigativo.

En base al contenido textual de esta investigación es necesario precisar que, en calidad de un desarrollo técnico y profesional será tipo cuantitativa pues, (Hernández-Sampieri et al., 2014), la describen como una ruta idónea que permite evaluar de manera objetiva y sistemática la cuantificación del contenido de un proyecto, como el análisis de diseños y otros métodos planteados para el proceso de pruebas proyectadas. En este sentido, por la necesidad de llevar el razonamiento a niveles más complejos y exactos, se sigue un método inductivo, (Rodríguez & Pérez, 2017) afirman que con este método se obtienen datos que van de lo particular a lo general, pues a partir de estas observaciones se potencia la verificación de fundamentos que puedan convertirse en teorías validas.

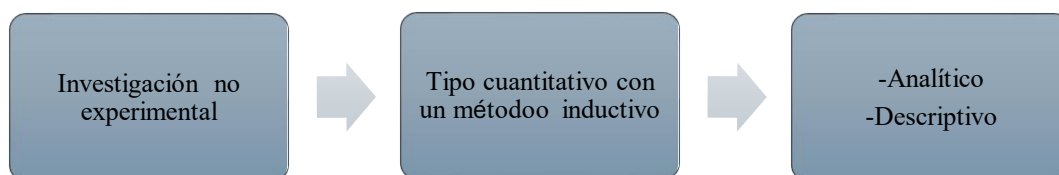
El método inductivo en las áreas de diseño y fabricación de equipos, permiten identificar bases teóricas y prácticas que representen el seguimiento de un proceso evolutivo de parámetros de diseño, para llegar a uno general que cumpla con los requisitos óptimos de fabricación.

2.2. Diseño de investigación.

El diseño investigativo se centra en seguir un estudio no experimental, de tipo transversal analítico y descriptivo, Pastrano & Fernández (2024) destacan esta metodología por su buena intervención en brindar respuestas a las construcciones industriales que se enfocan a la satisfacción del cliente y la selección oportuna de materiales adecuados para la fabricación. El eje temático para crear los equipos se centra en determinar resistencias, durabilidad y costos asociados, debido a la complejidad del trabajo de investigación y el tiempo que representa, como se observa en la figura 5.

Figura 5.

Guía de diseño de investigación.



Nota. Elaborado por los autores en base a *Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2018)*.

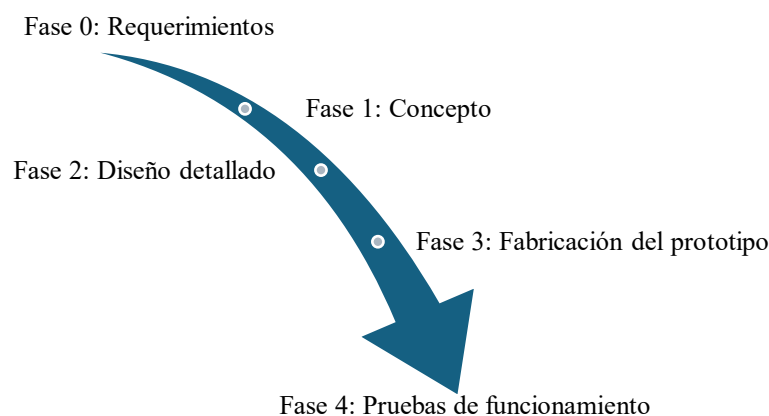
2.3. Proceso metodológico del ciclo de diseño del prototipo.

Debido a la excelente proyección investigativa, se puede concluir que los hallazgos de la revisión sistemática de la literatura, en conjunto con los modelos de secuencias lógicas para el diseño de un prototipo automático para fabricación de techos ecológicos en la unidad de prácticas industriales, fueron encontrados y analizados, dando paso a identificar el enfoque y modo de diseño que inicia con focalizar el estudio en bases cuantitativas no experimentales, de tipo inductiva con los ejes analíticos y descriptivos, de acuerdo con los parámetros establecidos. Dichos fundamentos dan paso al desarrollo de los métodos como el método Kano, DFMA y diseño asistido por computadora.

Este proyecto de investigación responde a la secuencia metodológica del esquema de diseño de ingeniería concurrente, también denominada simultánea donde se integran pasos de retroalimentación de información desde el requerimiento de diseño hasta las pruebas de funcionamiento como se muestra en la figura 6, indica una técnica de desarrollo de productos que identifica el ciclo de vida, tal y como menciona (Valverde & Sastre, 2016). De la misma forma, Darío et al. (2012) destaca su uso por integrar procesos relacionados con la concepción de elementos de calidad, costos, tiempos y necesidades del usuario, dando respuesta a expectativas de equipos de alta eficiencia.

Figura 6.

Esquema de diseño de ingeniería concurrente.



Nota. Elaborado por los autores en base a la investigación de *Valverde & Sastre (2016)*.

- **Fase 0.- Requerimientos de diseño.**

González & Yoshito (2016), el método Kano en una perspectiva de diseño y fabricación implica la creación de un cuestionario que esté estrechamente relacionado con una tabla de evaluación que permita clasificar los requerimientos técnicos para la

funcionalidad y viabilidad técnica del producto. Se realizan preguntas que tengan una parte funcional y otra disfuncional.

Gráfico 1.

Relación de funcionalidad y satisfacción Kano.



Nota: En base a la investigación de González & Yoshito (2016).

En el gráfico 1, se muestra el esquema de identificación de expectativas y requerimientos funcionales representados por los casilleros y sus curvas de tendencia, donde se van a ubicar los parámetros o resultados esperados para la identificación del mejoramiento técnico de diseño en base al prototipo automático, las curvas indican tendencia alta y baja donde las características se desempeñan en su evaluación para determinar si son o no aplicables.

Fase 1.- Concepto de diseño.

Definición de los parámetros geométricos: es un proceso que involucra la apreciación técnica del diseño representadas en bocetos iniciales de los componentes principales del equipo, con el objetivo de identificar la forma estética que podría tomar el equipo.

Selección de componentes: proceso que involucra la tabla morfológica de decisiones, enfocada en evaluar la factibilidad operativa y viabilidad del componente para el equipo que se pretende diseñar, asignando ponderaciones que permiten destacar su uso para la función objetiva que este represente en la manufactura del producto.

Diagrama de operaciones del proceso: se representan de manera secuencial las operaciones e inspecciones principales que intervienen en el proceso productivo, desde la llegada de la materia prima hasta la obtención del producto final.

Fase 2.- Diseño detallado.

Selección de materiales y estimación de costos preliminares: proceso característico por demostrar la factibilidad de la materia prima para la fabricación del prototipo, mediante tablas de análisis que respalden el tipo y cantidad de material con la estimación de un costo inicial.

Diseño mejorado: se presenta el segundo boceto del prototipo automático al juicio de expertos con el fin de detallar claramente las dimensiones generales, la ubicación de los componentes y sus cotas correspondientes, esto facilita el ensamblaje y control dimensional del equipo.

Fase 3.- Fabricación del prototipo.

González et al. (2019a) destaca la realización de diagramas de cuerpos libres, para identificar los esfuerzos de cada uno de los componentes diseñados, identificar qué proceso de manufactura conlleva cada uno de ellos y determinar la cantidad de procesos de cortes, dobleces y soldaduras serán necesarios. Por ello, en este apartado se muestra el proceso de diseño para la manufactura en sentido de construir un modelo ideal de esquemas de parámetros de fabricación.

Estudio de esfuerzos de componentes: en base a un conjunto de pruebas numéricas, se desarrolla el cálculo de las deformaciones de la estructura base, esfuerzo de elementos finitos en barras que representen riesgos de fatigas por uso constante y límite elástico de componentes sometidos a una contracción en el proceso de producción.

Fabricación de la máquina: en este paso se integran los procedimientos de fabricación en base al modelo planteado, especificando el uso de equipos de protección personal, aplicando técnicas de mecanizado de piezas y usando maquinaria y herramienta adecuada para la construcción del equipo automático.

Fase 4.- Pruebas de funcionamiento.

Pruebas objetivas del producto final: se desarrolla un esquema secuencial de la preparación de materia prima (polialuminio), especificando sus características y la

dosificación. Posterior a ello se procede a realizar la prueba de funcionamiento desde la carga del material hasta extracción del producto final. Por lo consiguiente se determina el ciclo de producción de cada techo y la capacidad operativa del prototipo durante 8 horas diarias y se muestra una comparativa de diagrama de análisis actual y diagrama de análisis propuesto elaborado y especificar qué tan satisfactorio fue utilizar la automatización.

Población y muestra.

Mediante la selección de la población se consideró el total de estudiantes matriculados del primer a octavo semestre de la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena en el período 2025-1, con el fin de aplicar una encuesta estructurada en el contexto académico y de formación profesional

Tabla 5.

Determinación de la población.

Población	Cantidad	Técnica
Estudiantes de la facultad de Ciencias de la Ingeniería	1289	
Estudiantes matriculados en la Carrera Ingeniería Industrial	498	Encuesta
Total de estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial	498	

Nota. Elaborado por los autores.

Muestra.

Tabla 6.

Población.

Curso/ Paralelo	Jornada	Nº Estudiantes por genero		Total
		F	M	
1/1	Diurna	20	24	44
½	Diurna	9	5	14
2/1	Vespertina	17	31	48
2/2	Vespertina	16	27	43
3/1	Diurna	15	20	35
3/2	Diurna	9	25	34
4/1	Vespertina	20	31	51
5/1	Diurna	13	26	39
6/1	Vespertina	16	17	33
6/2	Vespertina	9	19	28
7/1	Diurna	15	27	42
8/1	Vespertina	26	61	87
Total		185	313	498

Nota. Elaborado por los autores.

Para determinar el tamaño de la muestra, se aplicó la fórmula de muestreo para poblaciones finitas, considerando un nivel de confianza del 90%, una probabilidad de éxito y fracaso del 50%, y un margen de error del 15%, como se detalla a continuación:

$$n = \frac{z^2 * N(p * q)}{e^2(N - 1) + z^2(p * q)}$$

Donde:

- z = Nivel de confianza: 90%.
- p = Probabilidad de éxito: 50%.
- q = Probabilidad de fracaso: 50%.
- e = Margen de error: 15%.

$$n = \frac{(1.65)^2 * 498 (0.50 * 0.50)}{(0.15)^2(498 - 1) + (1.65)^2(0.50 * 0.50)}$$

$$n = \frac{339.76125}{11.863125} = 28.64 \approx 29$$

De acuerdo con este cálculo, se estableció una muestra compuesta por 29 estudiantes de la carrera de ingeniería industrial, a quienes se les aplicó un cuestionario bajo un muestreo probabilístico aleatorio simple, garantizando la objetividad.

Método, técnicas e instrumentos de recolección de datos del proyecto.

2.5.1. Método de recolección de datos.

El método de investigación asignado para este trabajo es el inductivo, Rodríguez-Jiménez & Pérez-Jacinto (2017) lo describe como un procedimiento que usa el razonamiento de casos particulares para determinar procesos más generales y específicos, esto permite llegar a conclusiones más acertadas para garantizar la viabilidad de diseños.

Gráfico 2.

Plan de análisis de datos.



Nota. Elaborado por los autores en base a (Hernández & Mendoza, 2018).

La recolección de datos implica desarrollar una secuencia lógica que indique las generalidades del caso, Hernández & Mendoza (2018), sugieren la planificación mediante una estructura definida, donde destacan al encuestado, el lugar, tipo de cuestionario y técnica de recolección, tal y como se muestra en el gráfico 2.

2.5.2. Técnica para la recolección de datos.

Técnica de encuesta.

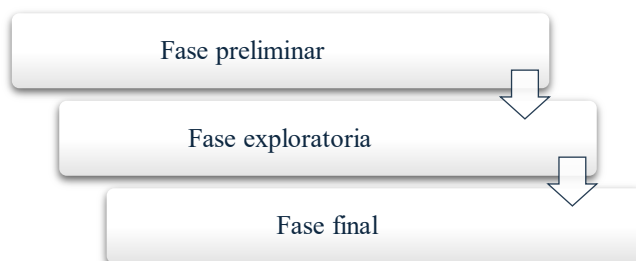
El diseño de la encuesta permite identificar opiniones de los medios a investigar, se establece un grupo focal que contribuirá con las opiniones del caso, de esta forma, este método permite medir la fiabilidad para el cumplimiento de los objetivos propuestos, la seguridad de los mecanismos implementados y la empatía para la evaluación de los aspectos técnicos que integran las preguntas de indagación (Cabello et al., 2021). En este sentido se realizaron tres encuestas para la validación del diseño y fiabilidad del funcionamiento del prototipo, mediante preguntas cerradas descritas a continuación: la primera encuesta para validación en conjunto con el boceto inicial se establecieron 14 preguntas (7 funcionales y 7 disfuncionales). La segunda encuesta mediante los criterios de mejora se establecieron 10 preguntas cerradas (5 funcionales y 5 disfuncionales). Al finalizar las fases se generó 24 preguntas que serán validadas por los expertos para presentar las preguntas a los estudiantes de la carrera ingeniería industrial.

2.5.3. Procedimiento de validación de la encuesta.

Es necesario implementar un modelo de validación que permita verificar la confiabilidad de las estrategias. Uno de los modelos utilizados para este proceso es conocido como método Delphi, Blasco et al. (2010) lo describen como un instrumento de validación de cuestionarios, que establece criterios de calidad para mejorar el contenido de una base de datos, como se muestra en la figura 7.

Figura 7.

Proceso de validación de la encuesta.



Nota. Elaborado por los autores en base a Blasco et al. (2010).

Fase preliminar: en este apartado se determina el grupo focal de investigación, conformado por los grupos de expertos con conocimientos en el área de diseño, fabricación y simulación de productos, esto con el fin de dar seguimiento a los ajustes que se puedan identificar en el grupo de investigación para indicar los primeros resultados parciales del esquema logísticos planteado.

Fase exploratoria: consiste en la inclusión de parámetros de mejoras de los aspectos técnicos asociados al primer boceto del equipo automático, se identifica un nuevo parámetro de investigación en base a las demandas de conocimientos de los expertos que se evalúan en los siguientes puntos:

1. Mejora de la versión inicial: los parámetros de diseño de las preguntas se adaptan a los criterios cualitativos de la primera ronda de interpretación de los expertos en materia de fabricación de equipos.
2. Segunda versión: un nuevo cuestionario es presentado al grupo de expertos seleccionados, con la intención de recabar datos cuantitativos de las mejoras del diseño, integrando un rango de explicación e instrucciones para implementar una escala cromática ordinal con cinco categorías.
3. Resultado de la segunda versión: el análisis se realiza desde un punto de vista cuantitativo, utilizando cuadros estadísticos que faciliten la interpretación de los resultados propuestos, para identificar los parámetros de mejora de componentes de la máquina automatizada.

Fase final: se utilizan los datos recolectados para dar forma y sintetizar los resultados propuestos por los expertos, en base a los cambios requeridos del primer boceto técnico de la máquina automatizada, los parámetros de diseño serán ideales, determinando características técnicas ingenieriles para aplicar el diseño para la manufactura y ensamblaje del prototipo.

2.6. Variables de estudio.

El presente estudio destaca la factibilidad operativa, se pretenden comprobar la hipótesis de que el diseño de un prototipo máquina automatizada con las técnicas de termo prensado sea capaz de elaborar techos ecológicos con materiales reciclados, su uso se centra en el sector de prácticas industriales de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, con el fin de promover las practicas sostenibles en las construcciones civiles.

Variable independiente: prototipo automático.

Variable dependiente: techos ecológicos.

Operacionalización de las variables.

En la tabla 7 y en el anexo D, muestra la variable prototipo automático y la variable techos ecológicos, así mismo detalla sus dimensiones y el instrumento que se utilizó para el desarrollo de la investigación.

Tabla 7.
Operacionalización de las variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Independiente (Prototipo automático)	1. Temperatura de prensado.	1, 2	Guía de encuesta.
	2. Presión ejercida.	3, 4	
	3. Tiempo de ciclo.	5, 6	
	4. Grado de automatización.	7, 8	
Dependiente (Techos ecológicos)	5. Productividad.	9, 10	Guía de encuesta.
	6. Propiedades mecánicas.	11, 12	
	7. Desempeño térmico.	13, 14	
	8. Impacto ambiental.	15, 16	

Nota. Elaborado por los autores.

2.7. Plan de análisis e interpretación de resultados.

En la tabla 8, se muestra el proceso metodológico detallado en base a la estructuración de cada objetivo en desarrollo, este contiene que método se plantea para el desarrollo del proyecto, que instrumento ha de ser necesario para su implementación, los resultados esperados y los indicadores.

Tabla 8.

Plan de análisis.

Objetivos específicos	Método	Instrumento	Resultados	Indicadores
OE1: Realizar un estado del arte, mediante una revisión de la literatura integrado con el modelo matemático del proceso jerárquico analítico (AHP), basado en estudios relevantes de procesos de termocompresión que	Revisión bibliográfica.	Revisión sistemática literatura	Comprender información de diseño de equipos industriales.	Revisión.
	Método AHP.	Fuentes: ScienceDirect y Scielo	Artículos y referenciales.	Criterios de inclusión y exclusión.

<p>permita la identificación de métodos y herramientas para el diseño del prototipo.</p>	Método Saaty.	Matriz de ponderación alternativa de diseño.	de Definir herramientas para la construcción.	Viabilidad.
<p>OE2: Establecer un marco metodológico que estructure de manera secuencial las etapas del diseño y fabricación del prototipo automático, desde los requerimientos y hasta las pruebas de funcionamiento.</p>	Planear el método de recolección de datos del diseño.	Proceso de diseño concurrente.	Determinación de la metodología.	Delimitación .
	Explicar la técnica de recolección de datos.	Guía de cuestionario.	Definir dimensiones y categorías de preguntas de diseño.	Recolección de datos.
<p>OE3: Construir el prototipo automático mediante el cumplimiento de las fases del diseño y pruebas finales del funcionamiento en la fabricación de techos ecológicos.</p>	Planear la validación de la encuesta.	Validación por expertos.	Obtener confiabilidad.	Validación.
	Enfoque de recolección de datos.	Matriz del método Kano.	Requerimientos iniciales de diseño.	Satisfacción del cliente.
	Diseño para la manufactura y ensamblaje (DFMA).	Diseño conceptual. Tabla morfológica. DFA. DFM. Análisis de costos. Diseño y análisis estructural del prototipo en SolidWorks.	Procesamiento de datos para dar con el diseño final del prototipo.	Originalidad .
Mecanizado y ensamblaje del prototipo.	-Equipos de protección personal -Máquinas y herramientas -Equipos de soldadura. -Software SPSS estadísticas 30. -Alfa de Cronbach.	de Construcción del diseño, con las características técnicas establecidas.	Fabricación.	Resultados esperados.
			Presentación de los resultados mediante cuadros estadísticos.	

Nota. Elaborado por los autores.

2.8. Recapitulación del capítulo II.

En base al contexto de esta investigación, es necesario precisar que es de tipo cuantitativo, con un enfoque inductivo por la compleja forma de sintetizar información para crear esquemas técnicos, en el marco de la innovación de equipos industriales. Consta en el marco experimental, de tipo transversal con parámetros analíticos y descriptivos, pues el estudio se centra en la demostración de la capacidad de fabricación, están en consideración las operaciones básicas de estudios de esfuerzos, simulación y manufactura, que por medio de un proceso de evaluación por expertos con el instrumento guía de encuesta, se utilizara el método Delphi como proceso de validación de la encuesta.

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Marco de resultados.

En el capítulo II, se implementaron metodologías apropiadas para el desarrollo del prototipo automático, bajo un enfoque no experimental de tipo cualitativo. Cabe destacar que el presente trabajo de investigación se centra desde el diseño, la fabricación y pruebas de funcionamiento del prototipo automático cuyo enfoque será validado por expertos en el área. Utilizando el método Delphi que compone de 3 pasos secuenciales, posteriormente se evaluará con escala cromática ordinal, el análisis de las ponderaciones emitidas por los expertos en las fases del proceso permitió garantizar la consistencia interna y la organización lógica de los ítems dentro de cada dimensión del instrumento Valverde & Sastre (2016).

3.1.1. Validación por expertos.

3.1.1.1. Paso 1.- Fase preliminar.

Para iniciar con la recopilación de información pertinente para el diseño de la guía de entrevista, se consideraron las bases de los requerimientos técnicos necesarios para obtener los datos solicitados por los expertos. Los datos que se evalúan mediante una escala cromática ordinal durante este proceso de validación mediante una escala cromática ordinal previamente definida. Es importante señalar que, para ambas fases de validación, se mantuvo la misma escala, utilizando los siguientes niveles de ponderación: 1) ineficiente, 2) poco aceptable, 3) regular, 4) aceptable y 5) eficiente. Esta valoración es de tipo cerradas, permitió identificar los requerimientos de contenido asociados a las dimensiones técnicas del diseño del prototipo automático para la fabricación de techos ecológicos.

En este apartado en la tabla 9, se realizó la selección de los expertos participantes, considerando criterios de inclusión que garantizaran la validez técnica y metodológica del proceso de evaluación. Los parámetros de inclusión establecidos fueron los siguientes: 1) dominio técnico en el área de diseño mecánico e industrial; 2) capacidad analítica para evaluar la factibilidad operativa, la eficiencia energética y la calidad técnica de sistemas automatizados; 3) conocimientos integrales en sistemas electromecánicos, incluyendo aspectos de control y automatización; y 4) experiencia en sostenibilidad aplicada a

procesos industriales, así como su conocimiento sobre el impacto ambiental de materiales reciclados utilizados en aplicaciones constructivas.

Tabla 9.

Características de los expertos seleccionados.

N° Expertos	Especialidad	Experiencia
Experto 1	PhD en Ciencias Técnicas.	30 años.
Experto 2	Mgtr. Diseño industrial y de procesos.	25 años.
Experto 3	Mgtr. Electromecánico.	20 años.
Experto 4	Mgtr. Gestión ambiental.	10 años.

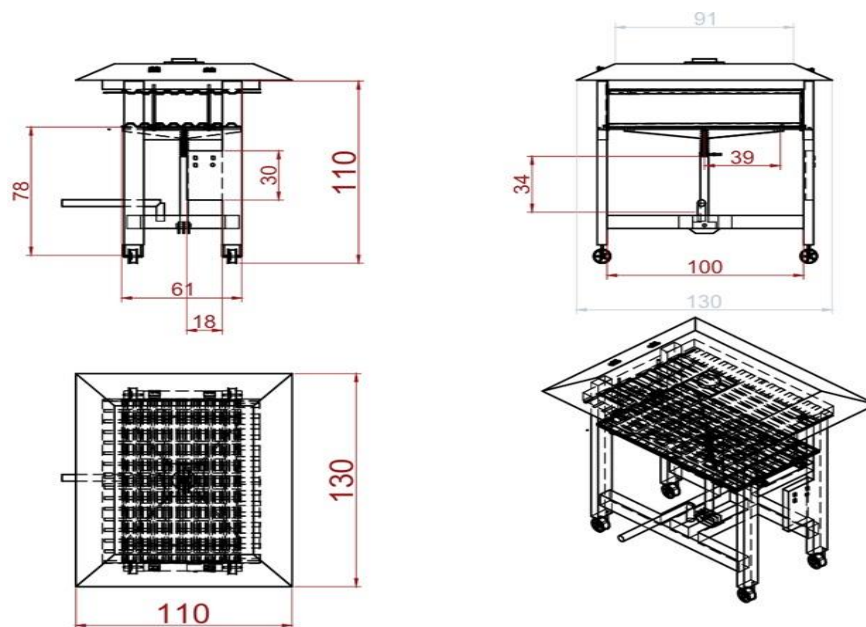
Nota. Elaborado por el autor.

Boceto inicial.

En este apartado se visualiza un boceto inicial, que incluyen 14 preguntas del diseño de su estructura, lo componentes del prototipo automático, sirviendo como base para validaciones técnicas, para dar posibles mejoras conforme a los requerimientos.

Figura 8.

Boceto inicial del prototipo.



Nota. Elaborado por los autores en el software AutoCAD.

En la figura 8, se presenta el boceto inicial al grupo de expertos para la primera validación del diseño del prototipo, posterior a ello bajo las recomendaciones de mejoras se realizarán modificaciones posteriores en función de los datos obtenidos durante el análisis, vease los resultados en la tabla 10 y en el anexo F.

Tabla 10.

Validación del contenido de diseño.

		Validación encuesta de diseño														Valor	Comentarios
N°	Preguntas																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
Expertos	1	E	R	A	A	E	E	E	E	E	A	E	A	E	E	64	Diseñar un mecanismo de evacuación de vapor.
	2	A	R	E	R	A	A	R	R	A	A	A	A	A	A	51	Gata hidráulica.
	3	E	R	A	R	A	R	A	R	E	R	E	R	E	R	53	Aumentar las guías.
	4	A	E	A	A	E	E	A	A	E	E	E	E	E	E	65	

Nota. Elaborado por el autor.

3.1.1.2. Paso 2.- Fase exploratoria:

Él instrumento se presentó en el anexo G, que se realizó una encuesta inicial para la validación del diseño inicial tomando como referencia a la operacionalización de las variables, iniciamos con el esquema de diseño de ingeniería concurrente.

3.1.1.2.1. Fase 0.- Requerimiento de diseño.

Para continuar con las fases del estudio se elaboró una segunda encuesta (anexo G), dirigida a cuatro docentes expertos con el propósito de evaluar las características técnicas del diseño del prototipo, tomando como referencia las dimensiones establecidas en la (sección 2.5), específicamente detalladas en la tabla 11. Para poder cumplir con el requerimiento y lograr si son o no aplicables, con el fin de tener una mayor aceptación y poder cumplir con el método Kano.

3.1.1.2.1.1. Aplicación del método Kano.

Evaluación de atributos del método Kano.

Tabla 11.

Evaluación de atributos.

Atributos		Requerimientos disfuncionales (Negativos)					
		Ineficiente	Poco aceptable	Regular	Aceptable	Eficiente	
		1	2	3	4	5	
Requerimientos funcionales (Positivos)	Ineficiente	1	INV	INV	INV	INV	D
	Poco aceptable	2	INV	I	I	I	O
	Regular	3	INV	I	I	I	O
	Aceptable	4	INV	I	I	I	O
	Eficiente	5	D	A	A	A	U

Nota. Elaborado por los autores en base a (Hernández Yoshito, 2012).

En la tabla 11, muestra los atributos del prototipo desarrollado según su impacto en la satisfacción de los expertos. Cabe mencionar que cada atributo evaluado fue categorizado

conforme a lo siguiente: 1) atractiva (A), 2) unidimensional (U), 3) obligatoria (O), 4) indiferente (I), 5) opuesta (INV), 6) cuestionable (D).

Tabulación de la encuesta del método Kano.

Tabla 12.

Tabulación de encuesta.

		Expertos encuestados			
		1	2	3	4
Preguntas funcionales (Positivos)	1	5	4	5	4
	2	5	4	5	5
	3	5	5	5	4
	4	5	5	5	5
	5	5	5	5	5
	6	5	5	5	5
	7	5	5	5	4
	8	5	5	5	5
	9	5	4	5	5
	10	5	5	5	4
Preguntas disfuncionales (Negativos)	1	3	4	2	2
	2	3	4	2	1
	3	4	4	1	1
	4	2	5	2	1
	5	2	1	2	2
	6	2	2	2	3
	7	3	2	3	3
	8	3	1	2	1
	9	4	2	2	2
	10	2	1	2	3

Nota. Elaborado por los autores en el software Microsoft Excel.

En la tabla 12, se observa los datos recopilados de los diferentes docentes expertos. Cada experto asignó valores ordinales del 1 al 5 por cada pregunta funcionales y disfuncionales.

Procesamiento de datos del método Kano.

Tabla 13.

Procesamiento de datos del método Kano.

		Clientes Encuestados			
		1	2	3	4
Atributos evaluados	1	A	I	A	I
	2	A	I	A	D
	3	A	A	D	INV
	4	A	U	A	D
	5	A	D	A	A
	6	A	A	A	A
	7	A	A	A	I
	8	A	D	A	D
	9	A	I	A	A
	10	A	D	A	I

Nota. Elaborado por los autores en el software Microsoft Excel.

En la tabla 13, utilizamos la tabla 15 para continuar con el procesamiento tanto de preguntas funcionales y funcionales e indican en sus valoraciones de los docentes cuentan con atributos altamente valorados, principalmente “atractivo”, esto se debe a un aumento de satisfacción sin que su ausencia cause insatisfacción. No obstante, se identificó respuesta “dudosa” en varias preguntas, se sugiere revisar la claridad de las preguntas. Se registro un atributo con clasificación “inverso”, esta requiere ser analizado y mejorado, además, con una respuesta “unidimensional” indica que impactaría directamente en la satisfacción. También se observó que algunos atributos se clasificaron como “indiferentes”, lo que indica que su inclusión o exclusión no generara un impacto significativo.

Resultados.

Tabla 14.

Resultados.

	Contenido Abreviado de las preguntas	A	O	U	INV	D	I	T	C
1	Introducir un sistema de guías de sujeción de la prensa móvil.	2	0	0	0	0	2	4	A
2	Añadir un sistema de escape y termocupla del prototipo.	2	0	0	0	1	1	4	A
3	Distribución de cargas y esfuerzos de cada estación de la estructura.	2	0	0	1	1	0	4	A
4	Añadir un sistema de calentamiento de resistencias eléctricas (niquelinas).	2	0	1	0	1	0	4	A
5	Sistema de gata hidráulica.	3	0	0	0	1	0	4	A
6	Colocar un molde fijo con tubos de acero galvanizado de 2 mm.	4	0	0	0	0	0	4	A
7	Diseño del molde con perfil de ondas de acero galvanizado.	3	0	0	0	0	1	4	A
8	Sistema de control automático utilizando PLC LOGO.	2	0	0	0	2	0	4	A
9	Diseño del molde de prensa móvil con tubos de acero galvanizado de 2 mm.	3	0	0	0	0	1	4	A
10	Colocar tubo de acero galvanizado de 3mm en la sujeción gata hidráulica.	2	0	0	0	1	1	4	A

Nota. Elaborado por los autores en el software Microsoft Excel.

En la tabla 14, el análisis de resultados muestra evidencias claras fortalezas para incorporación de estas características especificadas, esto generan un valor añadido de mejora significativamente la precepción del usuario. Esto ayudará que sea funcional, aceptado y utilizado con éxito para la construcción del prototipo automático. Los resultados se obtuvieron en base a las recomendaciones técnicas de los cuatro expertos seleccionados los cuales tienen conocimientos con respecto al diseño mecánico y la automatización.

3.1.1.2.1.2. Lista de requerimientos funcionales.

Tabla 15.

Lista de requerimientos funcionales.

Requerimiento Funcional	Necesidad / Deseo	Aspectos Técnicos
Sistema de sujeción del molde móvil.	Deseo	Añadir sistemas de guías, asegura su estabilidad y alineación adecuada del movimiento del molde.
Sistema de escape y termocupla.	Deseo	Incluir una termocupla tipo K resiste una temperatura de hasta (400°C),
Distribución de cargas y esfuerzo de las estaciones de la máquina.	Deseo	Integrar el análisis por elementos finitos, para determinar los materiales de alta resistencia a la fatiga.
Sistema de calentamiento de resistencias.	Deseo	Incorporar un sistema de calentamiento mediante resistencia blindadas de acero inoxidable, controlado por un termostato y el aislamiento térmico.
Sistema de gata hidráulica.	Necesidad	Integrar la gata hidráulica eléctrica con capacidad de acorde a los requerimientos de presión.
Molde fijo con tubos de acero galvanizado (2 mm).	Necesidad	Añadir al molde tubos de acero galvanizado, elaborado bajo ciertas normas de ASTM A53.
Molde con perfil de ondas de acero galvanizado.	Necesidad	Incorporar el diseño de ondas conformadas mediante el rolado utilizando acero galvanizado de 1/16.
Sistema de control mediante el PLC LOGO.	Deseo	Añadir un sistema de control de funciones para el ciclo de prensado, control de temperatura y finales de carrera
Molde móvil de tubos de acero galvanizado.	Deseo	Incluir el molde móvil con tubos de acero galvanizado bajo las normas específicas, con uniones soldadas.
Tubos de acero galvanizado de 3mm para la sujeción de la gata.	Necesidad	Integrar tubo de acero galvanizado A36 de 3mm cumpliendo sus rigidas normas AST500, están reforzadas y acabados para soportar esfuerzos máximos.

Nota. Elaborado por los autores en el software Microsoft Excel.

En la tabla 15, muestra los requerimientos técnicos que se implementaran para poder tener un diseño funcional robusto, son obstante hay que considera los atributos para asegurar su cumplimiento antes de mejoras adicionales a la máquina.

3.1.1.3. Paso 3.- Fase final.

A partir de las respuestas obtenidas, se identificaron los cambios necesarios sobre el primer boceto técnico del prototipo automático. La interpretación positiva de las preguntas permitió validar y optimizar los parámetros de diseño, estableciendo características técnicas que aseguren su viabilidad, se empezaron a incorporar las mejoras sugeridas y continuar con la secuencia metodológica del esquema de diseño de ingeniería concurrente.

3.1.1.4. Fase 1: Concepto de diseño.

3.1.1.4.1. Selección de componentes.

Tabla 16.

Matriz morfológica de alternativas para la selección de materiales.

Función/ Alternativas	A1	A2	A3
Estructura del prototipo.	Tubo rectangular de acero inoxidable.	Tubo rectangular galvanizado.	Tubo rectangular de hierro negro.
Matriz/molde.	Plancha de acero inoxidable.	Plancha galvanizada.	Plancha de aluminio.
Sistema de calentamiento.	Convección.	Conducción.	Combustión.
Sistema de control de temperatura.	Cámara termográfica.	Termostato REX C-100.	Termistor NTC.
Sistema de control automatizado.	Arduino UNO + Rel.	Logotipo de PLC Siemens LOGO V8.	ESP32.
Sistema hidráulico.	Gata hidráulica manual.	Gata hidráulica eléctrico.	Cilindro hidráulico + bomba manual.

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 16, se presenta la matriz morfológica el cual se desarrolló para toma de decisiones con el objetivo de evaluar de manera cualitativa de diseño correspondientes a cada función del prototipo. Este análisis se fundamenta en criterios estratégicos como el desempeño, facilidad de mantenimiento, accesibilidad a repuestos, seguridad, operatividad y costos asociado. Cada criterio contará con una ponderación que permitirá jerarquizar su nivel de importancia en función de los requerimientos técnicos y operativos del proyecto.

Tabla 17.

Matriz de ponderación.

Matriz de ponderación	Accesibilidad a repuestos	Desempeño	Facilidad de mantenimiento	Costo	Operatividad	Seguridad	TOTAL	Ponderación
Accesibilidad a repuestos	1	0,95	0,7	1,89	1,8	1,1	7,44	0,15
Desempeño	1,55	1	1,60	0,82	1,58	1,65	6,6	0,14
Facilidad de mantenimiento	1,83	1,97	1	1,72	1,95	1,78	8,47	0,18
Costo	0,53	0,57	0,51	1	1,6	1,7	5,91	0,12
Operatividad	1,85	1,89	1,75	2	1	1,85	10,34	0,21
Seguridad	1,75	1,86	1,52	1,64	1,75	1	9,52	0,20
						Total	48,28	

Nota: Elaborado por los autores

Mediante la matriz de ponderación se establece un método de comparación por pares, que permite el peso por cada criterio de valoración considerando su accesibilidad a repuestos, desempeño, facilidad de mantenimiento, costo, operatividad, seguridad, con el objetivo de obtener los sistemas y materiales adecuados de la fabricación del prototipo, tal y como muestra en la tabla 17.

Tabla 18.

Matriz de decisión de estructura del prototipo.

Estructura del prototipo		A1		A2		A3	
Indicadores	Ponderación	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor
Accesibilidad a repuestos	0,15	4	0,62	4	0,62	5	0,77
Desempeño	0,14	3	0,41	5	0,68	4	0,55
Facilidad de mantenimiento	0,18	3	0,53	4	0,70	2	0,35
Costo	0,12	1	0,12	3	0,37	1	0,12
Operatividad	0,21	4	0,86	4	0,86	2	0,43
Seguridad	0,20	4	0,79	5	0,99	3	0,59
Total	1	19	3,32	25	4,21	17	2,81

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 18, se observan las alternativas A1, A2 y A3 correspondientes a la estructura del prototipo, con el cual se procedió a realizar la evaluación de cada uno de ellos por lo consiguiente, se ponderó cada una de las tres alternativas, el resultado más destacado en la alternativa A2 (tubo galvanizado A36) el valor ponderado de 4,21 destacándose como el más alto especialmente en indicadores como: operatividad, accesibilidad, seguridad. Esta selección garantiza una estructura resistente y confiable que soporta las condiciones térmicas y mecánicas del proceso, contribuyendo significativamente al rendimiento general del prototipo. Tal y como se muestra en la ficha técnica del anexo O.

Tabla 19.

Matriz de decisión de dimensión de los moldes.

Matriz / Molde		A1		A2		A3	
Indicadores	Ponderación	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor
Accesibilidad a repuestos	0,15	4	0,60	4	0,60	5	0,75
Desempeño	0,14	5	0,70	5	0,70	3	0,32
Facilidad de mantenimiento	0,18	5	0,90	4	0,72	2	0,36
Costo	0,12	1	0,12	4	0,48	4	0,48
Operatividad	0,21	4	0,84	5	1,05	3	0,63
Seguridad	0,20	4	0,80	4	0,80	3	0,60
Total	1	23	3,96	26	4,35	20	3,24

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 19, se evidencia la evaluación de las tres alternativas correspondientes a la matriz o molde, en la cual la alternativa A2 obtuvo la mayor puntuación con un valor de 4,35, seleccionándose la plancha galvanizada A36.

Tabla 20.

Matriz de decisión de sistema de calentamiento.

Sistema de Calentamiento		A1		A2		A3	
Indicadores	Ponderación	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor
Accesibilidad a repuestos	0,15	2	0,30	5	0,75	3	0,45
Desempeño	0,14	3	0,42	5	0,70	3	0,42
Facilidad de mantenimiento	0,18	4	0,72	4	0,72	4	0,72
Costo	0,12	3	0,36	4	0,48	4	0,48
Operatividad	0,21	3	0,63	5	1,05	3	0,63
Seguridad	0,20	4	0,80	5	1,00	3	0,60
Total	1	19	3,23	28	4,70	20	3,30

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 20, se procede a realizar ponderación en cada una de las tres alternativas correspondiente al sistema de calentamiento, por lo que se observa que la mayor puntuación es la alternativa A2 (conducción) obtuvo el valor más alto de 4,70, destacando en eficiencia energética y facilidad de integración con control automático.

Tabla 21.

Matriz de decisión de sistema de control de temperatura.

S. de Control de temperatura		A1		A2		A3	
Indicadores	Ponderación	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor
Accesibilidad a repuestos	0,15	4	0,60	5	0,60	4	0,60
Desempeño	0,14	3	0,42	5	0,70	3	0,42
Facilidad de mantenimiento	0,18	2	0,36	5	0,90	1	18
Costo	0,12	4	0,48	5	0,60	2	0,24
Operatividad	0,21	4	0,84	5	1,05	4	0,84
Seguridad	0,20	4	0,80	4	0,80	3	0,60
Total	1	21	3,50	28	4,65	17	2,88

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 21, se pondera cada una de las alternativas A1, A2 y A3, con respecto al sistema de control de temperatura el resultado más destacado es A2 (termostato REX C-100), fue la mejor opción con una puntuación de 4,65. Es una solución probada en sistemas industriales para su durabilidad respuesta rápida, lo cual recepta el valor con una termocupla tipo K que se integran fácil con PLC para controlar y configurar el valor de la temperatura con la que deseamos trabajar dependiendo del material que vamos a utilizar

en el proceso de fabricación de techos ecológicos las especificaciones del equipo son eficientes, como muestra en la ficha técnica del anexo M.

Tabla 22.

Matriz de decisión de sistema de control automatizado.

Sistema de Control Automatizado		A1		A2		A3	
Indicadores	Ponderación	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor
Accesibilidad a repuestos	0,15	4	0,60	4	0,60	5	0,75
Desempeño	0,14	2	0,28	5	0,70	3	0,42
Facilidad de mantenimiento	0,18	5	0,90	5	0,72	4	0,72
Costo	0,12	3	0,60	5	0,48	3	0,36
Operatividad	0,21	3	0,63	5	1,05	3	0,63
Seguridad	0,20	4	0,80	5	1,00	4	0,80
Total	1	23	3,81	28	4,65	22	3,68

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 22, la matriz de decisión hace referencia a la evaluación de las alternativas del sistema de control automatizado el cual la opción A2 es valorada con un puntaje total de 4,55, resaltando en seguridad y operatividad. El PLC Siemens LOGO V8 se seleccionó por ser una solución industrial robusta, segura y ampliamente soportada, como muestra en su ficha técnica en anexo P.

Tabla 23.

Matriz de decisión de sistema hidráulico.

Sistema de Control Automatizado		A1		A2		A3	
Indicadores	Ponderación	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor
Accesibilidad a repuestos	0,15	5	0,75	4	0,60	5	0,75
Desempeño	0,14	2	0,28	5	0,70	3	0,42
Facilidad de mantenimiento	0,18	5	0,90	5	0,92	4	0,72
Costo	0,12	5	0,60	4	0,48	3	0,36
Operatividad	0,21	3	0,63	5	1,05	3	0,63
Seguridad	0,20	3	0,80	5	1,00	4	0,80
Total	1	23	3,76	28	4,73	22	3,68

Nota. Elaborado por los autores.

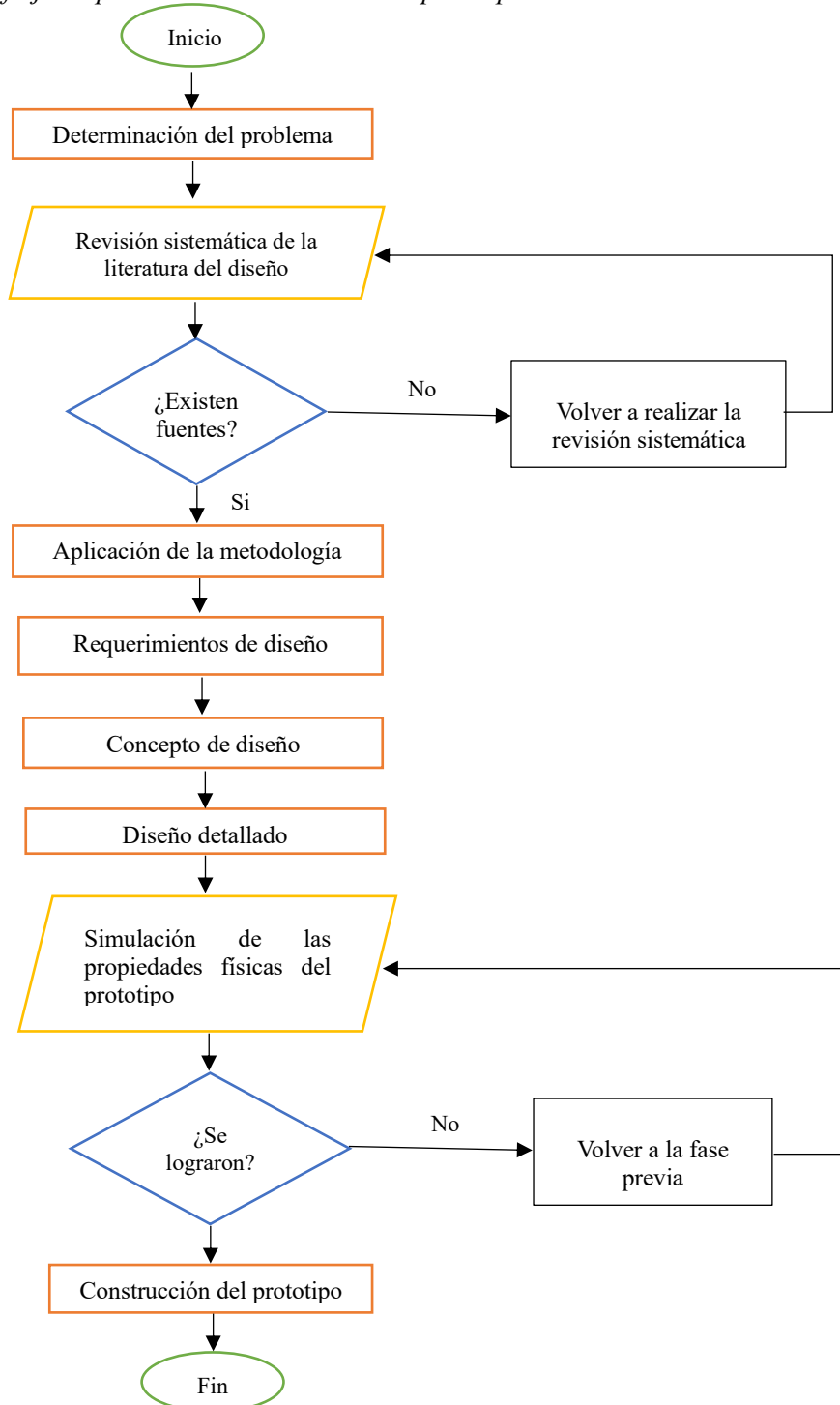
En la tabla 23, se detalla con respecto al sistema hidráulico el resultado la opción A2 con una puntuación de 4,73. La gata hidráulica eléctrica de 5 toneladas representa una solución óptima para automatizar el prensado, reduciendo la intervención del operador y permitiendo ciclos más consistentes, véase en el anexo N.

3.1.1.4.2. Diagrama de flujo de proceso.

En la figura 9, se presenta el diagrama de flujo que describe de forma secuencial las fases para la construcción del prototipo automático para fabricación de techos ecológicos, iniciando desde el problema hasta las pruebas finales

Figura 9.

Diagrama de flujo de proceso de construcción del prototipo.



Nota. Elaborado por los autores.

3.1.1.5. Fase 2.- Diseño detallado.

3.1.1.5.1. Selección de materiales y estimación de cantidades preliminares:

Para la selección de materiales se realizó la matriz morfológica presentando en la fase 1 (concepto de diseño), que constituye un papel importante para la estimación de cantidades, esto permite detallar de manera sencilla que se necesitara para poder adquirir cada uno de los materiales y para la respectiva fabricación del prototipo como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24.

Selección de materiales y estimación de costos preliminares.

ITEMS	NOMBRE COMERCIAL	CANTIDAD
1	Gata eléctrica Jack 5 TON 12V.	1
2	Modulo Driver Darl 12 V -110V.	1
3	Tubo Rectangulares Galvanizado 2 X 1 X 2 mm x MNOVA.	6
4	Tubo Rectangular Galvanizado A36 3MM x 3 M.	1
5	Plancha lamina en galvanizado 1/16 x 1.5 mm..	1
6	Tubo cuadrado galvanizado 1".	1
7	Electrodos 6011.	1
8	Disco de corte.	6
9	Disco de desbaste.	4
10	Pulsador 22 mm rojo (paro).	1
11	Pulsador 22 mm verde (marcha).	1
12	Pulsador 40 mm (paro de emergencia).	1
13	Cable SPT2 2M.	1
14	Relay 8 pines 110 vac/5ª.	2
15	Base para relay MK2P-1.	2
16	Cable de alta temperatura calibre 14.	1
17	Terminal tipo ojo aislada.	16
18	Terminales cilíndricos aislado tipo bala.	10
19	Manguera flexible de 2" 1 m.	1
20	Plancha galvanizada de 1,5.	1
21	Cable GPT Flexible #18 AWG.	1
22	PLC LOGO SIEMENS 12-24 V.	1
23	Niquelinas 220V 1100 Watts 1/2".	8
24	Pintura Silicona Hempel's Aluminio 56910.	1
25	Tornillos de 1/8.	4
26	Tubo redondo de 2".	1
27	Amarras plásticas 10,0 cm x 2,5 mm CV-100.	25
28	Terminal T/ puntera P/ cable 16-18 amarillo.	1
29	Breaker G.E S/P 2x 60 AMP.	1
30	Cable concéntrico 3 X 8.	1
31	Cooper enchufe P/ gallina 30-50 AMP.	1
32	Terminar T/ hembra 12-10 amarillo.	6
33	Terminal plano T/ Macho 10-12 amarillo.	6

34	CSC micro Switch Mini 16 A 125/220 v / placa larga.	2
35	Termocupla tipo K.	1
36	Termostato REX C-100.	1
37	Varilla de acero inoxidable 3/8".	1
38	Lamina de teflón 1 m x 1 m.	1
39	Tubo redondo de 5/8 x 115 mm.	1
40	Placa de identificación.	1

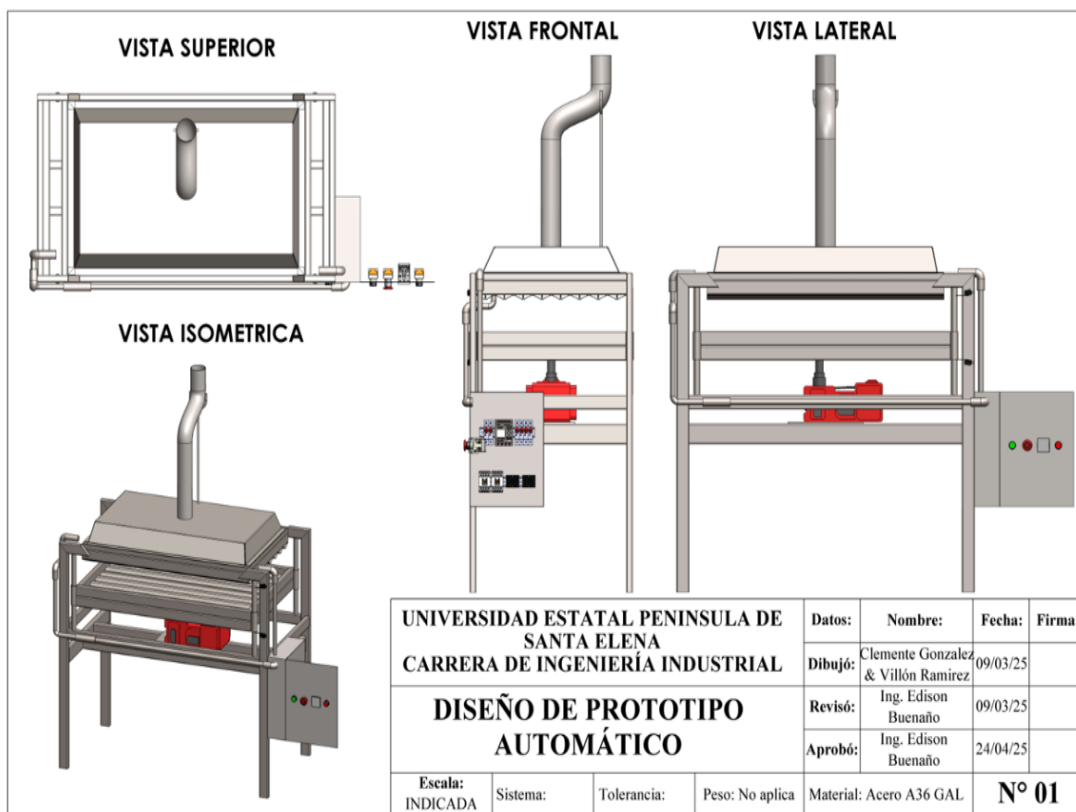
Nota. Elaborado por los autores.

3.1.1.5.2. Diseño mejorado del prototipo automático.

En este apartado se observa el diseño estructural del prototipo automático, su estructura base, el diseño estructural de molde inferior, diseño estructural del molde superior, diseño estructural de la cubierta superior, diseño del techo.

Figura 10.

Diseño mejorado del prototipo automático.

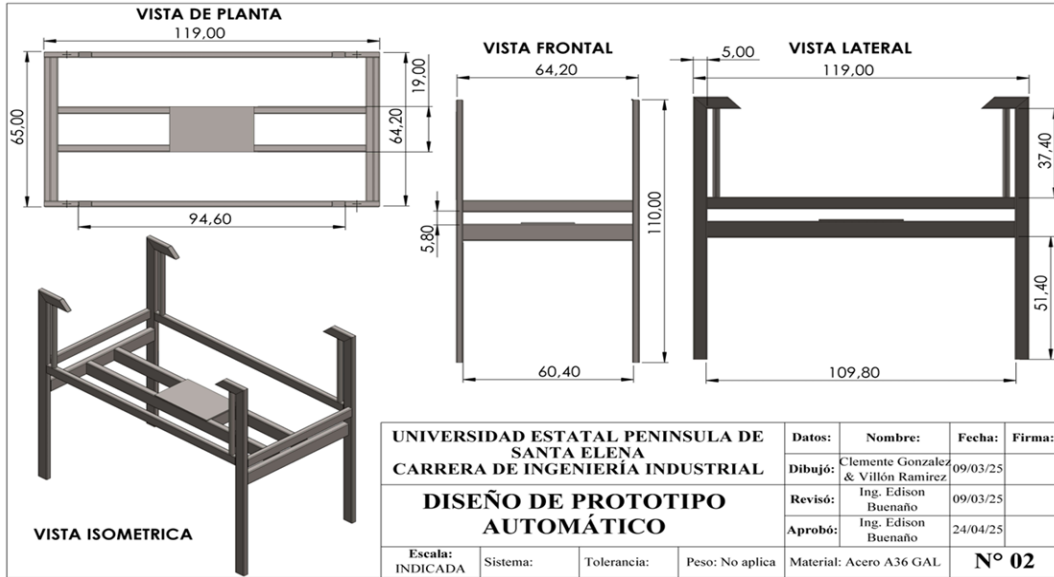


Nota. Elaborado por los autores realizado en el software SolidWorks.

En la figura 10, bajo la norma ANSI, se presenta el enfoque en el desarrollo del diseño conceptual mejorado del prototipo automático, lo cual se integran las vistas tales como: isométrica, superior, frontal y lateral. El sistema de calentamiento por resistencias (niquelinas), las guías de sujeción y el mecanismo de extracción de vapores.

Figura 11.

Diseño estructural de la base del prototipo.

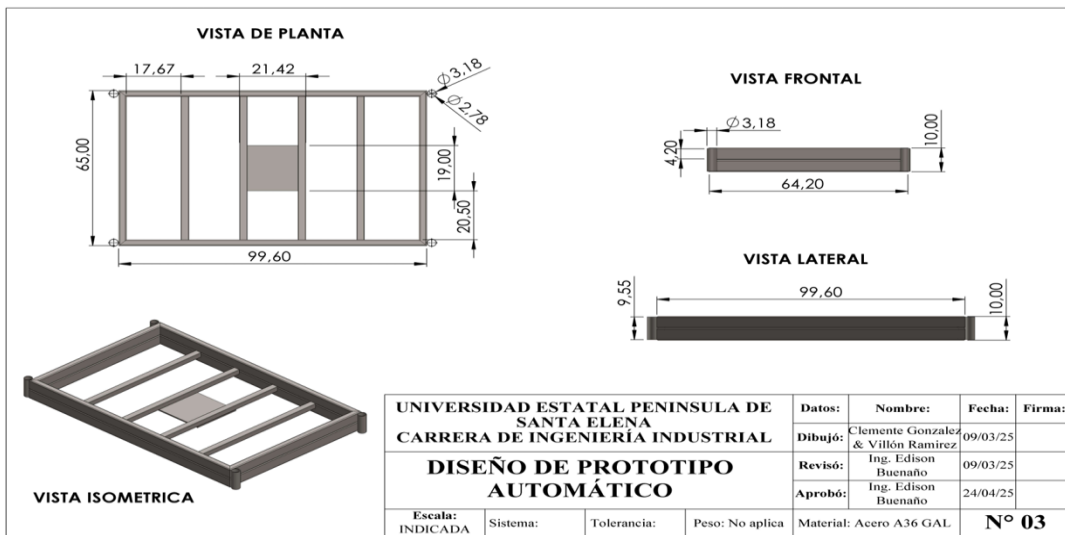


Nota. Elaborado por autores mediante el software SolidWorks.

En la figura 11, se observa la estructura base, que muestra sus columnas laterales, travesaños horizontales, soportes superiores (5 cm de espesor) esta forma parte del soporte que el material utilizado son tubos rectangulares de acero galvanizado y sus dimensiones generales son las siguientes: tiene una altura total de 110 cm, con un ancho (frontal) de 64,20 cm, tiene una estabilidad lateral porque tiene una base inferior de 60,40 cm. Su profundidad (lateral) asegura su base firme de 119 cm parte superior y 109,8 cm en la base.

Figura 12.

Diseño estructural del molde inferior.

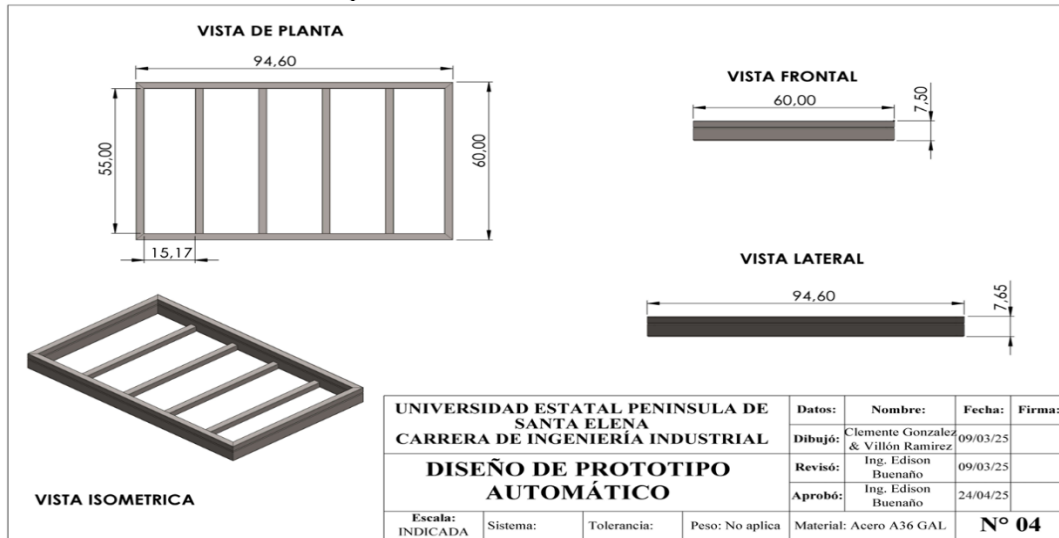


Nota. Elaborado por los autores realizado en el software SolidWorks.

En la figura 12, muestra el diseño estructural del molde inferior, sus dimensiones totales de 99,60 cm x 65 cm, se utilizó son tubos rectangulares de acero galvanizado y las dimensiones de las vistas descritas a continuación: En la vista frontal su altura es de 10 c, con un ancho de 64,20 cm, en la vista lateral su profundidad es de 99,60 cm y su altura es de 10 cm.

Figura 13.

Diseño estructural del molde superior:

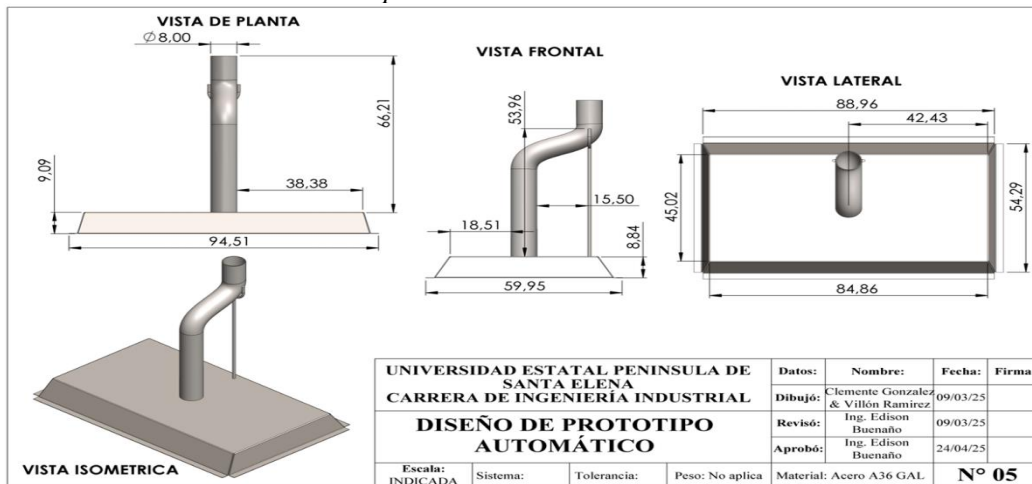


Nota. Elaborado por los autores realizado en el software SolidWorks.

En la figura 13, muestra el diseño estructural del molde superior, sus dimensiones totales de 94,60 cm x 60 cm, las mismas que son de tubos rectangulares de acero galvanizado y las dimensiones de las vistas descritas a continuación: En la vista frontal su altura total del perfil es de 7,5 cm con un ancho de 60 cm, su vista lateral tiene una longitud de 94,6 cm con una altura de 7,65 cm.

Figura 14.

Diseño estructural de la cubierta superior:

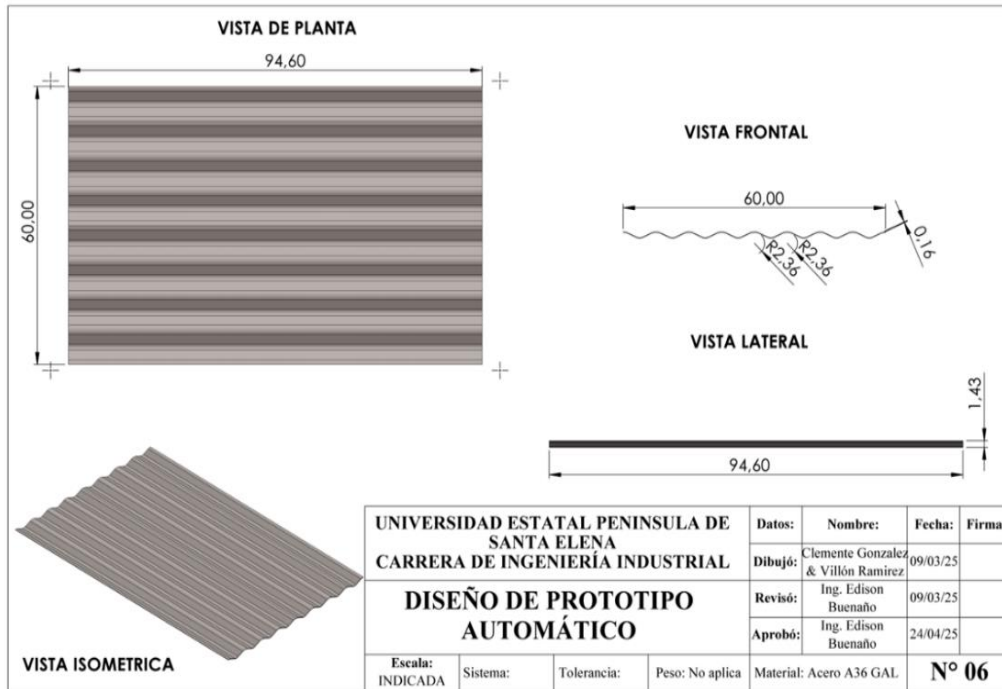


Nota. Elaborado por los autores realizado en el software SolidWorks.

En la figura 14, muestra el diseño estructural de la cubierta superior sus dimensiones de 94,51 cm, tiene una profundidad de 9,09 cm y el sistema de chimenea elaborado con un tubo vertical con una curvatura con un diámetro de 8 cm, además la varilla que soporta la curvatura del tubo vertical tiene un diámetro de 1 cm, su altura es de 45 cm.

Figura 15.

Diseño del techo molde.



Nota. Elaborado por los autores realizado en el software SolidWorks.

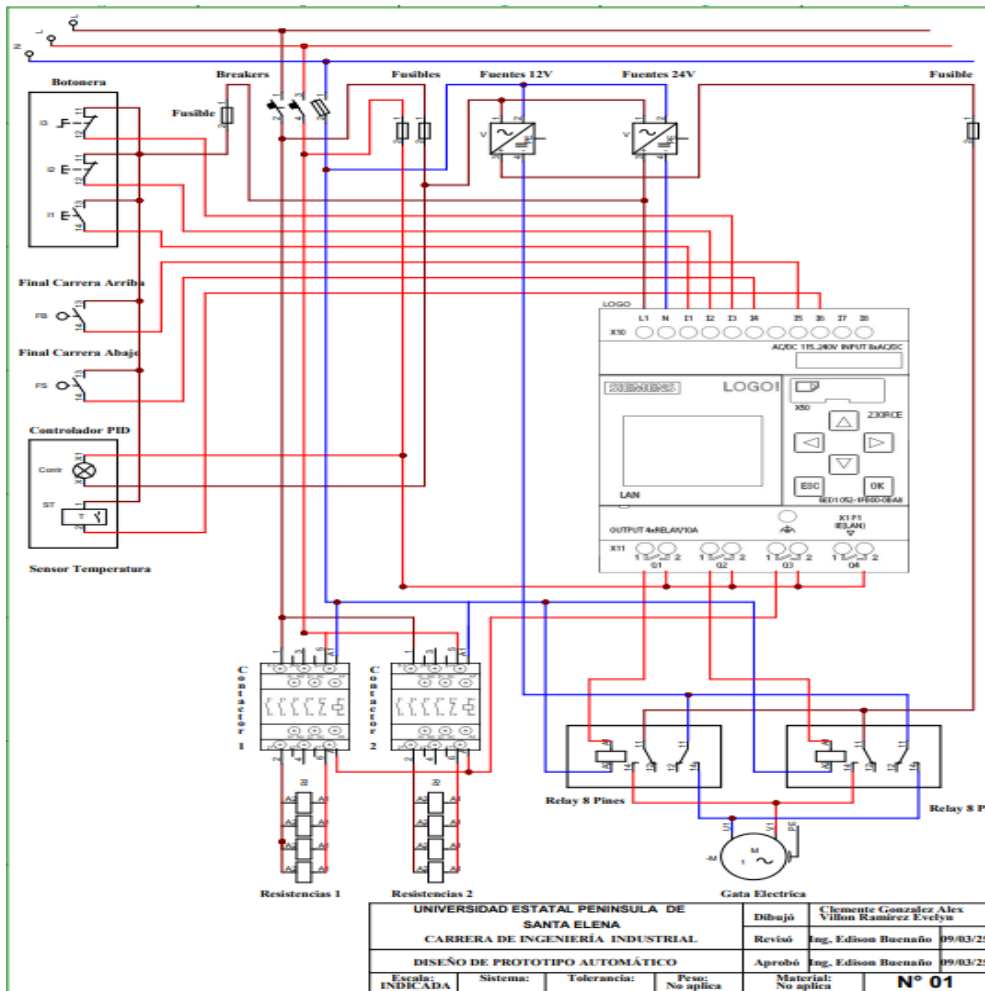
En la figura 15, muestra el diseño del techo para molde con perfil ondulado que está elaborada de acero galvanizado que tiene un espesor de 0,16 cm, el ancho del techo es de 1 m con una profundidad de 60 cm, en el perfil ondulado tiene un radio de 2,36 cm.

3.1.1.5.3. Plano eléctrico.

En este apartado se representa un tablero de control eléctrico, el cual integra los sistemas de diseño, control, seguridad y documentación técnica. Este tablero está compuesto por elementos fundamentales como contactores, relés, un PLC Siemens, fuente de alimentación de 12V y 24V, breaker, finales de carrera y resistencias níquelinas, los cuales permiten la automatización y el funcionamiento coordinado del equipo. Este sistema resulta esencial para el correcto funcionamiento del prototipo, ya que garantiza la gestión segura y eficiente de todos los procesos eléctricos involucrados, tal como se muestra en la figura 16.

Figura 16.

Plano eléctrico.



Nota. Elaborado por los autores realizado en el Software Cade Simu.

3.1.1.6. Fase 3.- Fabricación del prototipo.

En esta fase se materializa el diseño conceptual del prototipo automático mediante la ejecución de procesos de manufactura previamente definidos. El objetivo principal es construir un equipo funcional que cumpla con los requerimientos técnicos establecidos, validando así las decisiones adoptadas durante las fases de diseño y simulación. Para ello, se detalla el análisis de esfuerzos estructurales y la ejecución práctica de los procedimientos de fabricación, integrando materiales como: 1) corte, 2) soldadura, 3) mecanizado, 4) ensamblaje y, 5) montaje, asegurando así las dimensiones establecidas.

Se presenta el análisis estructural específico del prototipo mediante la elaboración de diagramas de cuerpo libre para cada componente funcional. Esta metodología permite identificar las cargas actuantes, calcular las reacciones internas y evaluar la resistencia estructural en condiciones operativas reales a continuación:

3.1.1.6.1. Diagrama de cuerpos libres.

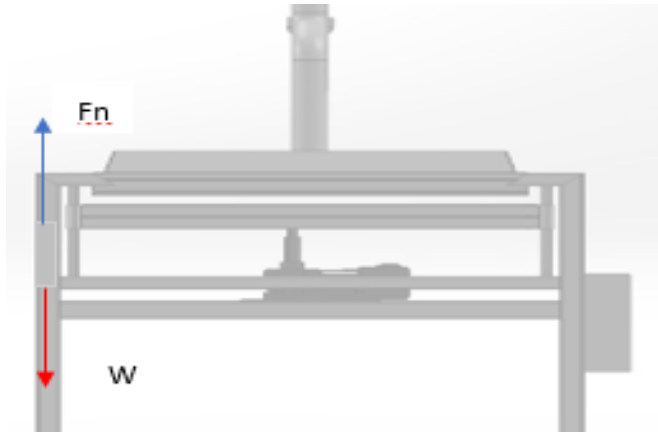
Cálculo del peso y reacción estructural.

Peso total:

$$\begin{aligned}W &= m \times g \\W &= 125 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s} \\W &= 1226.25 \text{ N}\end{aligned}$$

Figura 17.

Diagrama de cuerpo libre de estructura.



Nota. Elaborado por los autores.

Reacción por columna (4 columnas):

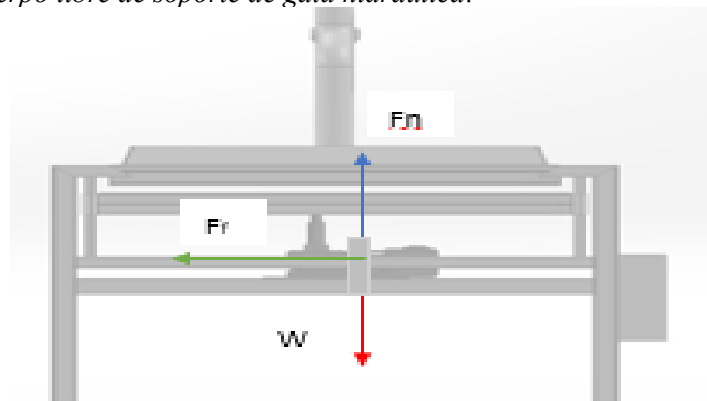
$$\begin{aligned}R &= W / 4 \\R &= 1226.25 \text{ N} / 4 \\R &= 306.56 \text{ N}\end{aligned}$$

El peso total del prototipo automático es de 125 kg genera una carga que actúa sobre las columnas verticales, obtiene una fuerza de 1226.25 N. Como la estructura es apoyada por las 4 columnas verticales, su carga es de 306.56 N.

Gata hidráulica y presión aplicada.

Figura 18.

Diagrama de cuerpo libre de soporte de gata hidráulica.



Nota. Elaborado por los autores.

Área pistón:

$$A = \pi \cdot d^2 / 4 = 0.00196 \text{ m}^2$$

Presión:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = 49050 / 0.00196$$

$$P = 24.98 \text{ MPa}$$

La gafa soporta 5 toneladas, pero en esta ocasión genera una fuerza de 49.05 N sobre el pistón, lo cual genera una presión de 25.03 MPa.

3.1.1.6.2. Proceso de manufactura por componente.

Tabla 25.

Proceso de manufactura por componente.

PROCESO DE MANUFACTURA POR COMPONENTE					
Componente	Detalle	Cortes	Dobles	Soldaduras	Descripción
Columnas verticales	Tubos rectangulares galvanizado 2 X 1 X 2 MM x 6MNOVA.	12	0	4	Son los elementos estructurales principales que soportan el molde y el sistema móvil.
	Tubos rectangulares galvanizado 2 X 1 X 2 MM x 6MNOVA.	4	0	4	
Estructura rectangular (perímetro)	Tubos rectangulares galvanizado 2 X 1 X 2 MM x 6MNOVA.	8	1	30	Estructura de soporte base, formada por tubos rectangulares. Requiere cortes a 90° y soldadura en las esquinas.
	Lamina en acero galvanizado 1/16 x 1.5 mm.	1	8	48	
Molde fijo	Tubos rectangulares galvanizado 2 X 1 X 2 MM x 6MNOVA.	4	0	8	Parte superior de prensado. Tiene cortes laterales, doblez para forma tipo canal y soldaduras en esquinas y sujeciones.
	Lamina en acero galvanizado 1/16 x 1.5 mm.	1	8	48	
Varilla inoxidable	de acero 3/8"	4	0	8	Estas varillas son las que le dan sujeción al molde móvil
	Tubos rectangulares galvanizado 2 X 1 X 2 MM x 6MNOVA.	8	1	49	
Molde móvil	Lamina en acero galvanizado 1/16 x 1.5 mm.	8	8	48	Parte inferior que desciende para prensar. Requiere múltiples cortes para encajar las partes móviles, un doblez y alta cantidad de soldaduras para refuerzos y estructura interna.
	Tubo redondo de acero galvanizado 5/8 x 115 mm.				
Soporte gata	Tubo rectangular acero.	6	0	24	Estructura que sostiene la gata hidráulica. Por su función de transmitir presión requiere múltiples puntos de refuerzo soldados.
	Galvanizado 3MM x 3 M.				

Refuerzos	Tubos Rectangulares Galvanizado X 1 X 2 MM x 6MNOVA.	2	4	0	4	Barras colocadas diagonal o transversalmente para resistir la deformación estructural. Cortadas a medida y soldadas a la estructura.
Cajetín eléctrico	Lámina en galvanizado 1/16 x 1.5 mm.	2		1	2	Contenedor metálico para el PLC y cableado. Fabricado con lámina galvanizada, cortado, doblado y soldado en sus bordes.
Chimenea	Manguera flexible de 2" 1m.	4		1	2	Estructura para salida de vapores o gases.
Total			57	20	219	

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 25, se ha determinado que la fabricación del prototipo implica un elevado número de operaciones de soldadura en los elementos sometidos a presión, mientras que los dobleces y cortes son más frecuentes en las partes de cobertura y ventilación. Con el fin de asegurar que el diseño no solo sea con buena rigidez estructural, sino también, inmerso en las capacidades del taller de prácticas industriales.

Propiedades del material

Se selecciono el acero A-36 galvanizado a todos los elementos estructurales, teniendo en cuenta su adecuada resistencia mecánica, por su soldabilidad y su alta disponibilidad en el entorno de fabricación. Por ende, se establecen las propiedades fundamentales consideradas de este material, como muestra en la tabla 26.

Tabla 26.

Propiedades físicas y mecánicas.

Propiedad	Valor	Unidades
Modulo elástico.	200000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson.	0,26	N/D
Modulo cortante.	79300	N/mm ²
Densidad de masa.	7850	Kg/m ³
Límite de tracción.	400	N/mm ²
Límite de compresión.	250-400	N/mm ²
Limite elástico.	250	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica.	12 x 10 ⁻⁶	/k
Conductividad térmica.	46-60	W (m.k)
Calor específico.	450	J/(Kg). K

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 26, se detallan las propiedades físicas, mecánicas consideradas en el análisis estructural del prototipo, correspondientes al acero A-36 galvanizado, material principal de la estructura. Estas propiedades fueron fundamentales para la simulación por elementos finitos y para el cálculo de esfuerzos, deformaciones y transferencia de calor. Para determinar la máxima deformación y si los materiales seleccionados son los indicados para proceder con la construcción estructural del prototipo.

3.1.1.6.3. Análisis estático.

Análisis de esfuerzo.

Esfuerzo normal de los ejes de sujeción.

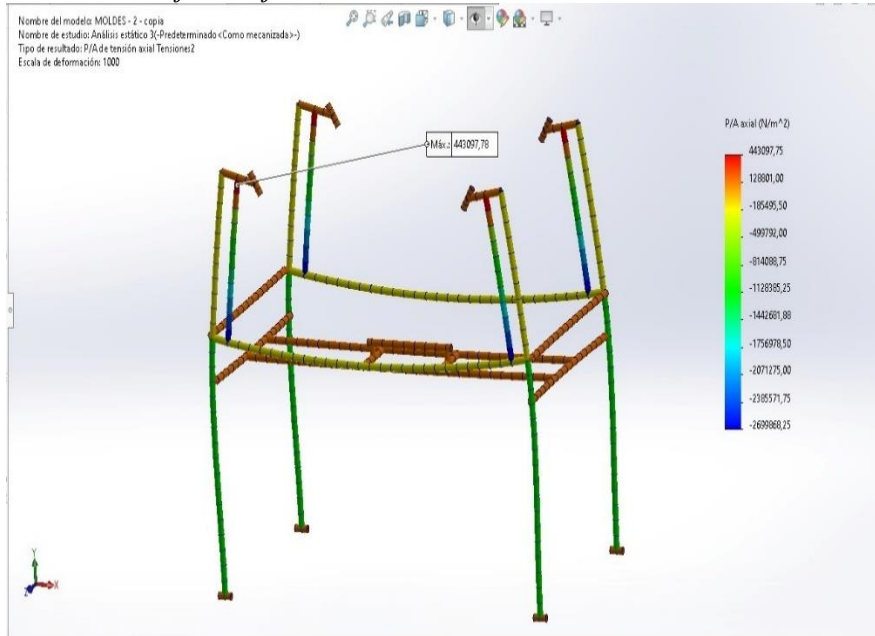
Se realizó el cálculo del esfuerzo normal ejercido en los ejes guía de la prensa, se procede a reemplazar la formula con el peso del molde móvil multiplicado por la gravedad y también se determina el área transversal de las guías obteniendo los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}
 W &= m * g \quad (1a) \\
 W &= 30.02 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 294,50 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \quad (1b) \\
 A &= 0.00125664 \text{ m}^2 \\
 \sigma &= \frac{w(\text{carga})}{A \text{ (Area transversal)}} (Lc) \\
 \sigma &= \frac{294.50 \text{ N}}{0.00125664 \text{ m}^2} \\
 \sigma &= 234335.10 \text{ N/m}^2 \\
 \sigma &= 234.34 \text{ KPa}
 \end{aligned}$$

El esfuerzo normal de las guías de sujeción de la prensa hidráulica es de 234335.10 N/m² el cual está muy debajo del límite elástico del material utilizado para la estructura con respecto al acero A36. El valor de este material como lo indican en la dicha técnica 250 N/mm² como se muestra en la tabla 38. Estos resultados obtenidos mediante la simulación en SolidWorks aseguran que los ejes soportan la carga sin deformarse, como se muestra en el gráfico 3.

Gráfico 3.

Esfuerzo normal de los ejes de ejecución.



Nota. Elaborado por los autores en el software SolidWorks.

Esfuerzo normal de la estructura base

El análisis se lo realizó en el software SolidWorks, en el proceso se utilizó el acero ASTM A36 y su estructura tiene un peso aproximadamente 16,7 kg de la estructura. Mediante se realizó la siguiente resolución:

Donde

σ : esfuerzo (MPa).

F: fuerza.

A: área = 600 mm².

m: masa = 16,7 kg.

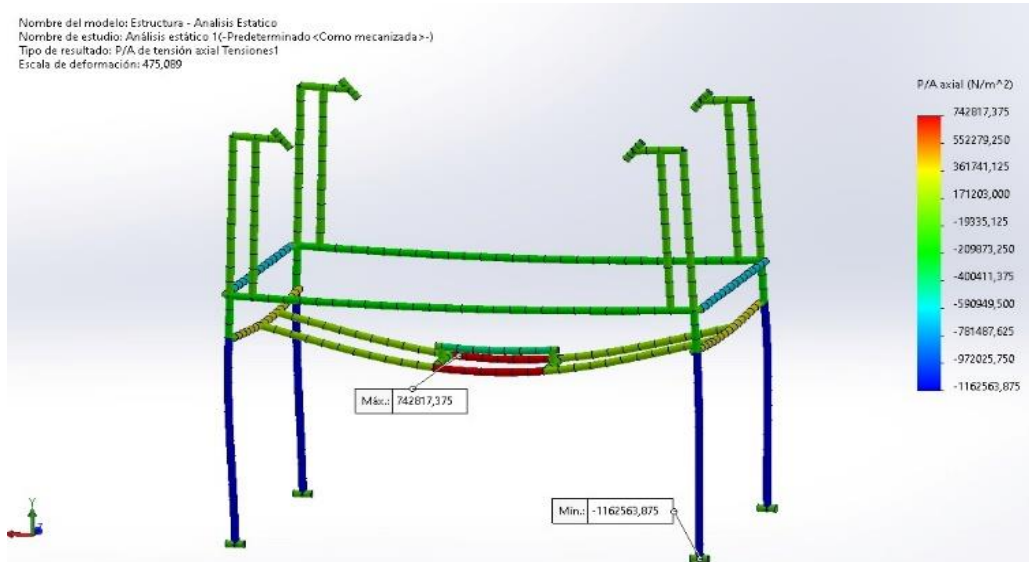
$$w = m \cdot g \quad (2a)$$
$$w = 16,5 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$
$$w = 161,865 \text{ N}$$

Fórmula de esfuerzo normal:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2b)$$
$$\sigma = \frac{161,86 \text{ N}}{(0,06)^2 \text{ m}^2} =$$
$$\sigma = 44.96 \text{ MPa}$$
$$\sigma = 44962,5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Gráfico 4.

Esfuerzo normal estructura base.



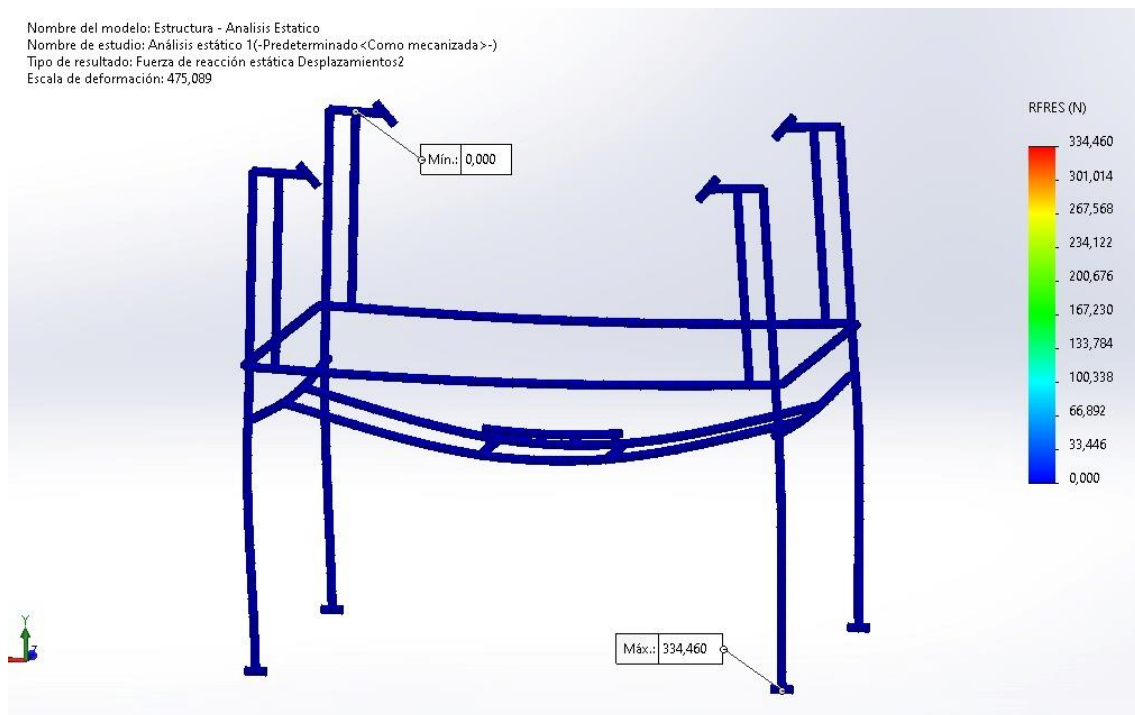
Nota. Elaborado por los autores en software SolidWorks.

En el gráfico 4, presenta la validación del esfuerzo normal de la estructura base cuyo esfuerzo tiene un valor de 44962,5 N², el cual indica que está dentro del rango admisible para materiales de acero A36.

Fuerza de reacción estática.

Gráfico 5.

Fuerza de reacción estática.



Nota. Elaborado por los autores en el software SolidWorks.

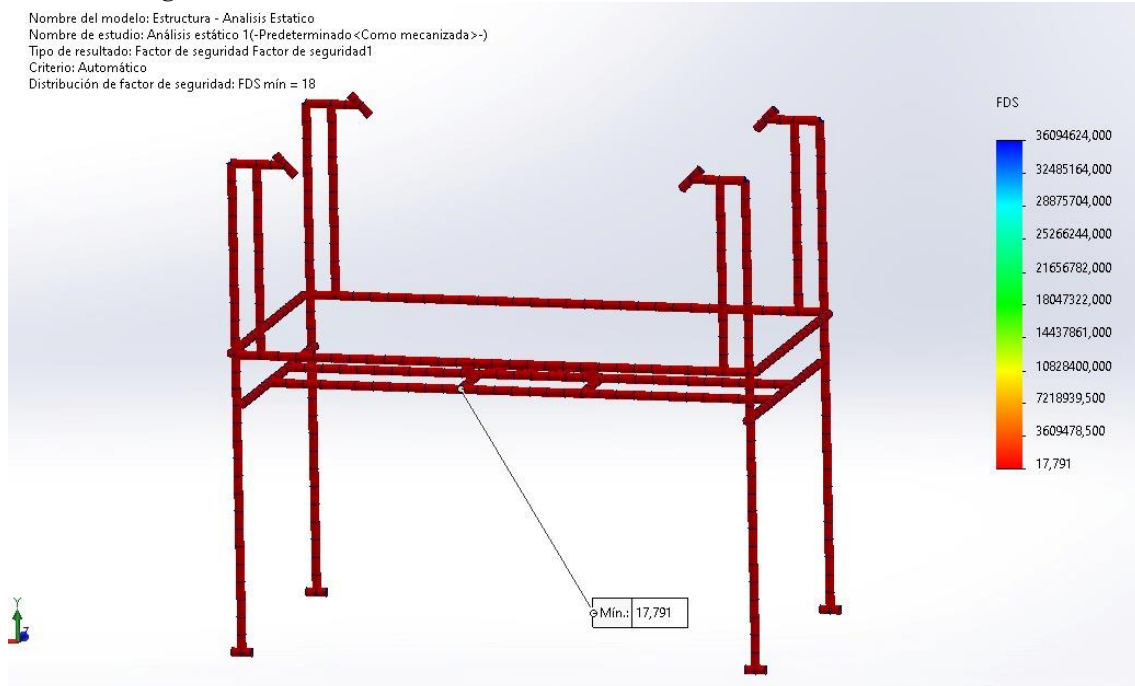
En el gráfico 5, muestra el análisis de desplazamientos es de 334,46, lo cual reacciona adecuadamente frente a las cargas aplicadas, con un comportamiento elástico y sin indicios de deformaciones validando su estabilidad.

Factor de seguridad.

El factor de seguridad, el resultado es 17,8, lo que indica que la estructura presenta un comportamiento altamente seguro bajo la carga aplicada, demuestra que garantiza el funcionamiento óptimo durante el proceso de termocompresión del prototipo como se observa en el gráfico 6.

Gráfico 6.

Factor de seguridad.



Nota. Elaborado por los autores en software SolidWorks.

3.1.1.6.4. Análisis térmico.

Cálculo del rendimiento térmico del sistema de calentamiento del molde.

Para evaluar el comportamiento térmico del prototipo, se realizó el análisis en SolidWorks, para verificar que la temperatura programada es la adecuada para asegurar de que no se deforme el material. Se considera los cálculos de la energía total suministrada por las niquelinas, energía absorbida por el molde la temperatura máxima alcanzada por el molde. Se considera el tiempo de 3.5 minutos desde que se encienden las niquelinas hasta alcanzar la temperatura programada.

Energía total suministrada por las niquelinas.

$$P = 8800 \text{ W.}$$

$$t = 3.5 \text{ minutos} = 3.5 * 60 = 210 \text{ segundos.}$$

$$Q_{total} = P * t \text{ (3a)}$$
$$Q_{total} = 8800 * 210 = 1848000 \text{ J}$$

Energía útil absorbida por el molde (eficiencia 85%), se obtiene la fórmula (3b).

Donde; $n = 0.85$

$$Q_{util} = n * Q_{total} \text{ (3b)}$$
$$Q_{util} = 0.85 * 1848000 = 1570800 \text{ J}$$

Temperatura máxima alcanzada por el molde se obtiene la ecuación (3c).

$$T = \frac{Q}{m * c} + T_a \text{ (3c)}$$

Donde:

$$\text{Masa del molde} = M = 7.48 \text{ Kg.}$$

$$\text{Calor específico} = C = 450 \text{ J/kg}$$

$$\text{Temperatura Inicial} = T_a = 298 \text{ }^\circ\text{k} \text{ (25 }^\circ\text{C)}$$

$$\text{Calor transferido} = Q = 1570800 \text{ J}$$

$$T = \frac{1570800 \text{ J}}{7.48 \text{ kg} * 450 \text{ J/Kg}} + 298$$

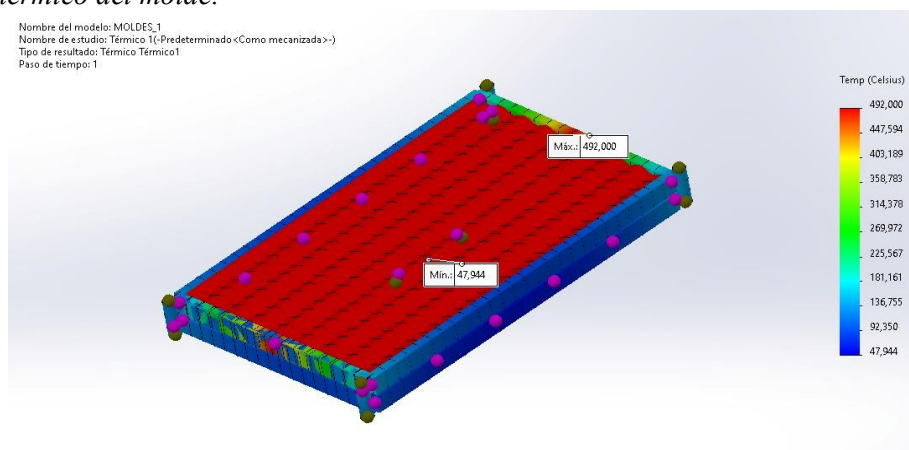
$$T = 764.6 \text{ }^\circ\text{k}$$

Se realiza la conversión de los grados kelvin a grados centígrados:

$$765^\circ\text{k} - 273 = 492 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Gráfico 7.

Análisis térmico del molde.



Nota. Elaborado por los autores en software SolidWorks.

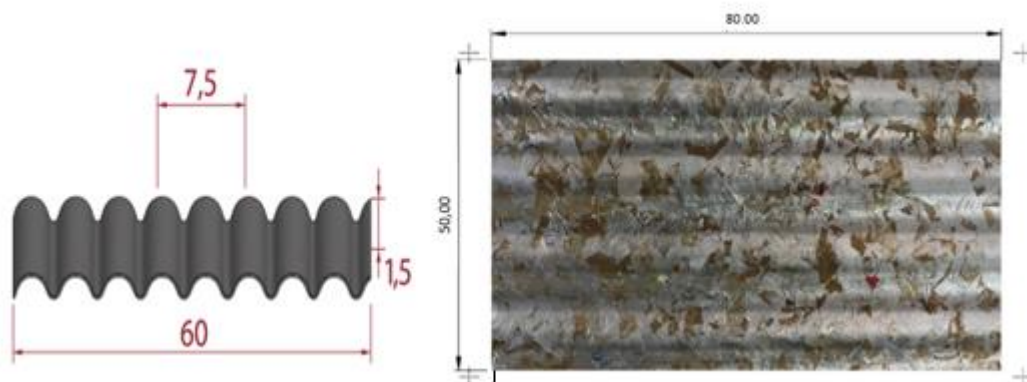
En el gráfico 7, muestra el análisis térmico máximo en el que alcanza el molde al realizar la simulación, la temperatura máxima que el molde puede alcanzar es de 492 °C, pero en la práctica el control del PLC mantiene la temperatura en 255°C garantizando la seguridad y la calidad. Esto indica que el sistema tiene un margen amplio de calentamiento rápido y mantener la temperatura constante.

Calor de fusión del polialuminio.

Para establecer el porcentaje de calor ideal en la fundición del polialuminio determinamos las características dimensionales específicas del techo, tales como: largo (lp) = 80 cm, ancho (ap) = 50 cm y espesor (ep) = 0,4 cm, estas especificaciones están presentadas en el gráfico 8 y en el anexo Q, el cual está realizado en SolidWorks.

Gráfico 8.

Dimensiones del techo.



Nota. Elaborado por los autores en el software AutoCAD.

El calor de fundición del polialuminio (Q_f) se obtiene con la ecuación:

$$Q_f = m * C_p * (T_f - T_a) \quad (4)$$

Donde

m = masa total de las cubiertas de polialuminio.

C_p : calor específico del polialuminio = 1650 J/Kg*K.

T_f : temperatura de calentamiento final del polialuminio = 255 C° 538.15 °K.

T_a : Temperatura inicial del ambiente = 25 °C 298.15 °C.

La masa se obtiene a partir del volumen total de las cubiertas (V_p) y de la densidad del polialuminio (δ_p).

$(\delta_p) = 900 \text{ Kg} / \text{m}^3$ (Martínez Gonzalo et al., 2015).

Cálculo del volumen.

$$m = V * \delta p \text{ (5a)}$$

$$m = Lp * ap * epp * \delta p \text{ (5b)}$$

Donde:

m = masa del polialuminio (kg).

V = volumen del polialuminio (m³).

Lp = longitud de la teja (m).

ap = ancho de la teja (m).

ep = espesor del polialuminio (m) = 0.004 m.

δp = densidad del polialuminio = 900 kg/m³.

$$m = Lp * ap * ep * \delta p$$

$$m = 0.80 \text{ m} * 0.50 \text{ m} * 0.004 \text{ m} * 900 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 1.44 \text{ kg} = 3.17 \text{ lb}$$

Cálculo de la densidad del polialuminio.

El polialuminio es un material compuesto derivado del reciclaje de envases Tetra Pak, los cuales están conformados por tres capas: 75% cartón (celulosa), 20% polietileno (PE) y 5% aluminio (Al). Durante el proceso de reciclaje, el cartón se separa, quedando como residuo útil una mezcla de polietileno (75%) y aluminio (25%).

Polietileno (PE) = El calor específico del polietileno 1900 J / Kg * K.

Aluminio (Al) = El calor específico del aluminio es de aproximadamente 900 J / kg *K.

$$Cp. \text{ polialuminio} = (0.75 * C_{pPE}) + (0.25 * C_{pAl}) \text{ (6a)}$$

$$= (0.75 * 1900) + (0.25 * 900)$$

$$= 1650 \text{ J/Kg} * \text{K}$$

$$Qf = m * Cp * (Tf - Ta) \text{ (6b)}$$

$$Qf = 4.76 \text{ kg} * 1650 \frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{K}} * (538.15 - 298.15) \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$Qf = 1.88496 \times 10^6 \text{ J} = 1.885 \times 10^6 \text{ J}$$

Para determinar la potencia de fusión (Pf) se necesita del tiempo de calentamiento (tc), el cual vamos a considerar de 3.6 minutos (216 s).

$$Pf = \frac{Qf}{Tc} \text{ (6c)}$$

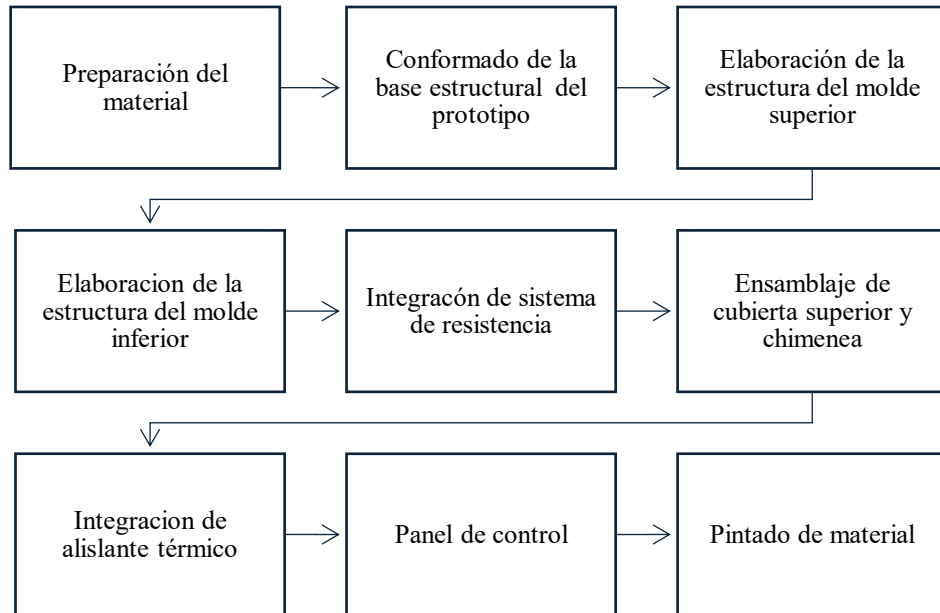
$$Pf = \frac{1.885 \times 10^6 \text{ J}}{216 \text{ s}} = 8732 \text{ W} = 11.7 \text{ hp}$$

3.1.1.6.5. Proceso de fabricación de prototipo automático.

En el gráfico 9, se muestra de manera secuencial la fabricación del prototipo automático. Además, su secuencia del armaje del prototipo empieza con la preparación del material hasta tener el pintado del material, esto garantiza un proceso organizado y eficiente que permite la construcción del prototipo funcional.

Gráfico 9.

Proceso de fabricación del prototipo automático.




Nota. Elaborado por los autores.

Tabla 27.

Armaje del prototipo.

Proceso descriptivo del armaje del prototipo

Ítems	Descripción	Ilustración gráfica
1	<p>Preparación del material: se seleccionaron perfiles estructurales en acero galvanizado más conocido como A36 para formar la base del prototipo, entre ellos tubos rectangulares de 2mm y 3 mm de espesor, con longitudes de 60 cm y 1 metro respectivamente. Esta base se compone con la unión de 4 tubos de 2mm de espesor en las esquinas para dar la altura a la base. Además, se utilizaron tubos cuadrados galvanizados de 1", planchas laminadas galvanizadas con espesor de 1/16" y planchas en acero inoxidable calibre 1/20".</p>	

- 2 **Conformado de la base estructural del prototipo:** se procede a realizar el trazado y corte de los perfiles metálicos que conformaran la base del prototipo, involucran el uso de herramientas como el esmeril y escuadra metálica para lograr los cortes precisos y el proceso de aleación del material mediante soldadura con electrodos E6011.



- 3 **Elaboración de la estructura del molde superior:** en este proceso se ensambla la estructura principal del bastidor mediante electrodos E6011, garantizando una alta resistencia mecánica.



- 4 **Elaboración de la estructura del molde inferior:** para este proceso se ensamble de la estructura del molde inferior mediante electrodos E6011, se verifica, la alineación, nivelación para que pueda soportar los esfuerzos generados por la gata de 5 toneladas.



- 5 **Integración del sistema de resistencias:** en esta actividad se instala el sistema térmico compuesto por ocho resistencias níquelinas de acero inoxidable de 1/8" cada uno de 1100 w y 220 V, distribuidas sobre la superficie de la plancha ondulada galvanizada de 1/16". Este conjunto permitirá calentar homogéneamente el material Tetrapak.



- 6 **Ensamblaje de cubierta superior y chimenea del prototipo:** una que se ha distribuido las níquelinas se ensambla en la parte superior la tapa que esta echo de acero inoxidable de 1/32 y la chimenea que es de 3/4.



- 7 **Integración de aislante térmico** se evidencia que junto a las níquelinas se integró un aislante, conocido en el mercado como lana de vidrio el cual permitirá reducir la transferencia de calor en el ambiente durante el proceso de termo prensado.



- 8 **Panel de control:** se construyó la caja para las conexiones con las dimensiones de 39.5 x 10 x 29.5 cm. El panel de control contiene: LOGO V8, contactores, relés, módulo, breaker de 15A y 60A, Controlador PID, pulsadores, paro de emergencia



- 9 **Pintado de prototipo:** se procede a realizar el pintado del prototipo utilizando una pintura anticorrosiva que soporta altas temperaturas de la marca Hempel.



Nota. Elaborado por los autores.

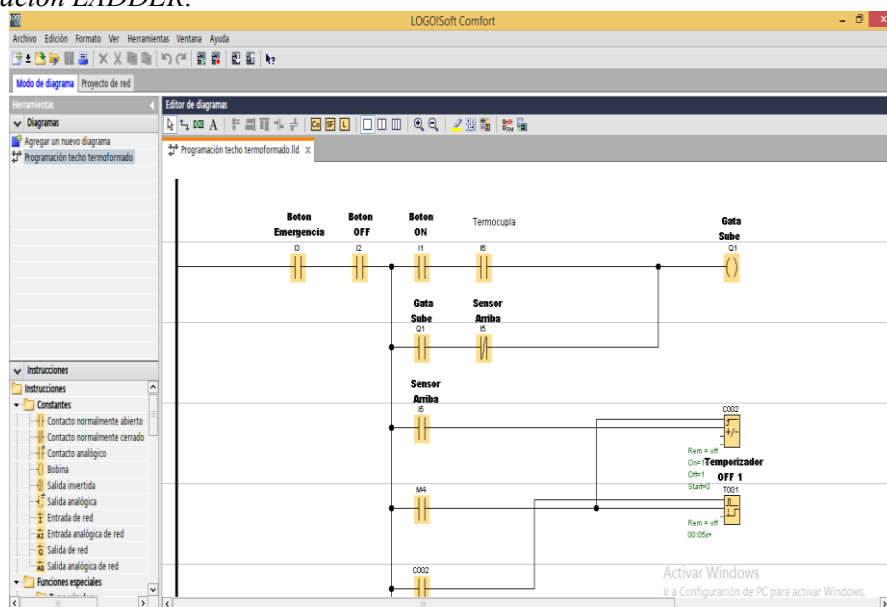
En la tabla 27, se evidencia la creación del prototipo automático hasta concluirlo, y a su vez para empezar con las pruebas necesarias a través de toma de tiempos y con eso poder demostrar los resultados de manera real y así presentar los diferentes techos que se lo lograron obtener en las diferentes pruebas.

3.1.1.6.6. Programación Ladder.

La programación Ladder, se utiliza para el desarrollo de sistemas controlados mediante el software PLC LOGO V8 3.0 (controlador lógico programables) y se representan entre entradas y salidas descritas a continuación:

Figura 19.

Programación LADDER.



Nota. Elaborado por los autores en el software LOGO Soft Confort.

En la figura 19, bajo la norma IEC 61131-3 para los lenguajes de programación de PLC, se visualiza la programación creada en el software LOGO V8.3 con el propósito de que el prototipo realice el funcionamiento de producir techos de manera automática. Se ha utilizado los siguientes componentes I1 pulsador ON, I2 pulsador OFF, I3 pulsador de paro de emergencia, I5 sensor termocupla, Q1 final de carrera 1 que de manera automática se enciende la gata hidráulica eléctrica y posteriormente, se eleva el vástago y empieza a realizar presión a la matriz de la máquina, Q2 final de carrera 2 encargado de accionar para el descenso del vástago y de esa manera el molde móvil regresa a su punto inicial, Q3 encendido de las niquelinas de acero inoxidable de 1/2” que trabajan a 220V. En el anexo L, se observan todos los componentes utilizados para obtener resultados favorables.

3.1.1.7. Fase 4.- Pruebas de funcionamiento.

3.1.1.7.1. Preparación de la materia prima.

En el trabajo de investigación se utilizaron envases de Tetra Pak como materia prima, los cuales poseen en sus capas un material con propiedades de aislamiento térmico. Los envases de Tera Pak destinados a bebidas están formados por una composición de papel (75%), polietileno de baja densidad (20%) y aluminio (5%). Esta estructura se divide en seis capas, descritas a continuación en figura 20. Para las pruebas de funcionamiento del prototipo automático se realizó la selección del material idóneo, siendo elegido el polialuminio, gracias a las propiedades de aislamiento térmico y su idoneidad para construcciones sostenibles. A continuación, se presenta la tabla 28, donde se detallan las propiedades más relevantes del polialuminio.

Tabla 28.

Propiedades del polialuminio.

Propiedad	Valor
Densidad kg/ m ³ .	900
Punto de fusión, °C.	660
Punto de ebullición, °C.	2.51
Conductividad eléctrica, S/m.	1.11x10 ⁻⁸
Conductividad térmica, W/(K*m).	237
Módulo elástico, MPa.	177.6
Calor específico, J/Kg*k	1650

Nota. Elaborado por los autores.

Dosificación del material reciclado.

La dosificación del material reciclado de los envases del tetra pak se utilizó para realizar las pruebas de funcionamiento del prototipo automático. La mezcla está compuesta por un 100% de polialuminio, integrado por un 80% polietileno y 20% de aluminio complementando proveniente del proceso de la separación de las capas de forma manual para posteriormente realizar el triturado manual, tal como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29.

Mezcla de materia prima.

Material	Porcentaje %
Polietileno (PE)	80%
Aluminio (Al)	20 %

Nota. Elaborado por los autores.

3.1.1.7.2. Funcionamiento del prototipo automático.

El prototipo automático opera bajo un sistema automatizado por un PLC LOGO, el cual coordina en las fases de conformado térmico. A continuación, se detallan las siguientes etapas de funcionamiento.

1. Cierre y posicionamiento del molde.

La prensa se acciona hidráulicamente mediante una gata hidráulica eléctrica que está ubicada en la parte central del prototipo, se eleva el molde inferior hasta que llegue hacer contacto con el final de carrera para posterior a eso se encienden automáticamente las niquelinas. Tal como se evidencia en la figura 20.

Figura 20.

Cierre y posicionamiento del molde.



Nota. Elaborado por los autores.

2. Calentamiento controlado y prensado térmico.

En este proceso se activan las 8 niquelinas que están ubicadas en la parte superior del molde, estas generan un flujo de calor controlado para fundir el polietileno de la mezcla y compactando con el aluminio, alcanzando una temperatura hasta 255 °C, por el que se controla con un termostato REX C100.

Al alcanzar la temperatura programada, el PLC mantiene el molde durante unos minutos asegurando la compactación para así tener las ondas de 4 mm de espesor. Como se evidencia en la figura 21.

Figura 21.

Prensado térmico.



Nota. Elaborado por los autores.

3. Descenso del molde móvil y descarga.

En la figura 22, evidencia el tiempo del proceso anterior, el PLC libera la presión y acciona el descenso del molde móvil. Luego se procede a extraer manualmente el techo de polialuminio.

Figura 22.

Descenso del molde móvil y descarga.



Nota. Elaborado por los autores.

3.1.1.7.3. Ciclo de producción y capacidad operativa del prototipo.

Tiempo total del ciclo de fabricación.

Para garantizar una operación continua y segura se realizan las tomas de tiempo de ciclo de la producción de techos ecológicos desde la carga del material hasta la descarga del techo, como resultado se obtuvo que cada ciclo tiene la duración de 41 minutos, así como se detalla en la tabla 30.

Tabla 30.

Cálculo de ciclo de producción y capacidad operativa del prototipo.

Etapa del Proceso	Tiempo
Carga del material.	2 minutos y 56 segundos.
Subida del molde.	46 segundos.
Calentamiento.	3 minutos y 15 segundos.
Termoformado.	15 minutos.
Bajada del molde.	1 minutos y 10 segundos.
Enfriamiento.	17 minutos y 33 segundos.
Descarga del techo.	20 segundos.
Total	41 minutos

Nota. Elaborado por los autores.

Capacidad de producción en jornada de 8 horas.

Dado que en una jornada laboral es de 8 horas que en total son 480 minutos, se estimada el número de techos ecológicos que puede producir el prototipo durante el periodo de tiempo, utilizando el valor del tiempo de ciclo calculado anteriormente, dado que una jornada laboral estándar es de 8 horas (480 minutos), se estima el número de techos ecológicos que puede producir el prototipo durante ese período de tiempo.

$$\frac{480 \text{ minutos por jornada}}{41 \text{ minutos por ciclo}} = 11.71 \approx 12 \text{ techos ecológicos}$$

Por lo tanto, en las 8 horas diarias se lograrían producir 12 techos ecológicos.

3.1.1.7.4. Estudios de métodos y tiempos.

Tabla 31.

Cronometraje de muestras de tiempos.

N°	TIEMPO DADO EN MINUTOS										Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Carga de material	2,9333	2,91	2,9	2,93	2,9	4,2	2,9	2,93	4	2,9	3,15033

Subida del molde	0,77	0,79	0,78	0,78	0,77	0,77	0,77	0,79	0,77	0,77	0,776
Calentamiento	3,25	3,29	3,28	3,21	3,25	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,258
Termoformado	15	16	15,5	15	16	15	15	15	16	15	15,35
Bajada del molde	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Enfriamiento	17,33	18	17,5	17,8	17,5	17,33	17,33	17,35	18	17,5	17,564
Descarga del techo	0,33	0,37	0,34	0,33	0,37	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,339
											41,61

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 31, se estableció la toma de tiempos necesarios del proceso de funcionamiento del prototipo automático, se evaluaron actividades principales, obteniendo los siguientes promedios: carga del material (3,15 min), subida del molde (0,77 min), calentamiento (3,25 min), termoformado (15,35 min), bajada del molde (1,17 min), descarga del techo (0,33 min).

En este paso se presentan los parámetros de la tabla 32, los cuales fueron utilizados para la recolección de los datos reales durante el proceso de prueba. Esta tabla refleja el tiempo adecuado de cada ciclo de producción, permitiendo establecer un control preciso evaluando el rendimiento operativo del prototipo.

Tabla 32.

General Electric Company.

TABLA DE GENERAL ELECTRIC COMPANY	
TIEMPO DE CICLO (Min)	Nº RECOMENDADO DE CICLOS
0,1	200
0,25	100
0,5	60
0,75	40
1	30
2	20
2 a 5	15
5 a 10	10
20 a 40	5
40 en adelante	3

Nota. Elaborado por los autores.

Tabla 33.*Resultado de medición de trabajo.*

RESULTADO DE MEDICIÓN DE TRABAJO					
TIEMPO DADO EN MINUTOS					
N°	ACTIVIDADES	1	2	3	PROMEDIO
1	Carga de material.	2,9333	2,91	2,9	2,91443333
2	Subida del molde.	0,77	0,79	0,78	0,78
3	Calentamiento.	3,25	3,29	3,28	3,27333333
4	Termoformado.	15	16	15,5	15,5
5	Bajada del molde.	1,17	1,17	1,17	1,17
6	Descarga del techo.	0,33	0,37	0,34	0,34666667
	TOTAL	23,4533	24,53	23,97	23,9844333

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 33, el tiempo en minutos reflejado es 41,61 es decir tomando en cuenta la tabla de General Electry Company, menciona que el número de ciclos estimados es de 3 ciclos. No obstante, se excluyó el valor del enfriamiento para los diferentes procesos. Por medio de la tabla de Westinghouse se pudo calificar y determinar el tiempo estándar de una tarea, considerando el desempeño del operario.

Tabla 34.*Calificación.*

N°	ACTIVIDADES	HABILIDAD	ESFUERZO	CONDICIONES	CONSISTENCIA	SUMA ALGEBRAICA	FACTOR DE DESEMPEÑO %
1	Carga de material.	0,08	0,08	0,02	0,01	19%	119%
2	Subida del molde.	0,11	0,05	0,02	0	18%	118%
3	Calentamiento.	0,08	0,05	0,02	0	15%	115%
4	Termoformado.	0,06	0,08	0,02	0,01	17%	117%
5	Bajada del molde.	0,11	0,1	0,02	0,01	24%	124%
7	Descarga del techo.	0,08	0,08	0,02	0,01	19%	119%

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 34, nos ayudará a conocer las condiciones y aptitudes del operario, en la siguiente tabla observamos que existe un buen desempeño por parte del operario, así mismo las condiciones son buenas. Además, permite establecer tiempos estándar justos y realistas que reflejan las condiciones reales del ciclo de proceso.

Tabla 35.

Resumen de estudio de tiempo.

HOJA DE RESUMEN DE ESTUDIO DE TIEMPO											
DEPARTAMENTO	PRODUCCIÓN				HOJA N°	1	DE	2			
OPERACIÓN	PROCESO DE FABRICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO				OPERARIO	JULIO CESAR ABAD					
ESTUDIO DE MÉTODOS N°	1				FICHA N°	1					
HERRAMIENTAS	Cronometro de celulares, Materia Prima				REALIZADO POR	ALEX CLEMENTE- EVELYN VILLÓN					
PRODUCTO	Polialuminio				FECHA COMPROBADO POR	27/6/2025					
MATERIAL	Productos reciclables										
NOTA											
N°	Actividades	1	2	3	F	Suma	T. Promedio	T. Normal	Suplemento	T. Estándar	
1	Carga de material	V	125%	100%	100%						
		To	2,9333	2,91	2,9	119%	8,7433	2,9144333	3,4681756	15%	3,9884020
		TN	3,66662	2,91	2,9			3	6		
2	Subida del molde	V	100%	100%	75%						
		To	0,77	0,79	0,78	118%	2,34	0,78	0,9204	13%	1,040052
		TN	0,77	0,79	0,585						
3	Calentamiento	V	100%	125%	100%						
		To	3,25	3,29	3,28	115%	9,82	3,2733333	3,76433333	13%	4,2536966
		TN	3,25	4,112	3,28				3		
4	Termoformado	V	100%	100%	50%						
		To	15	16	15,5	117%	46,5	15,5	18,135	16%	21,0366
		TN	15	16	7,75						
5	Bajada del molde	V	100%	100%	125%						
		To	1,17	1,17	1,17	124%	3,51	1,17	1,4508	18%	1,711944
		TN	1,17	1,17	1,462						
6	Descarga del techo	V	100%	100%	125%						
		To	0,33	0,37	0,34	119%	1,04	0,3466666	0,41253333	18%	0,4867893
		TN	0,33	0,37	0,425				3		
							TOTAL	32,5174840			

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 35, muestra el resultado de medición de trabajo, el tiempo de ciclo de nuestro proceso de producción es de 3 ciclos, con un tiempo de 32,51 minutos, el proceso está normalizado, por lo que observando el tiempo de cada actividad es diferente pero el tiempo de ciclo es el mismo, tomando en cuenta que se excluyó el tiempo del enfriamiento por lo que refleja un tiempo menor.

Cartas de control.

Este apartado permite monitorear la estabilidad del proceso, identificar puntos fuera de control o patrones inusuales o ciclos, al detectar desviaciones tempranas podemos actuar antes de que produzcan techos defectuosos, mejorar y optimizar procesos del termoformado, se ha realizado 10 observaciones por lo que se toma en cuenta desde la carga del material hasta la descarga del techo ecológicos. Tal como se muestra en la tabla 36.

Tabla 36.

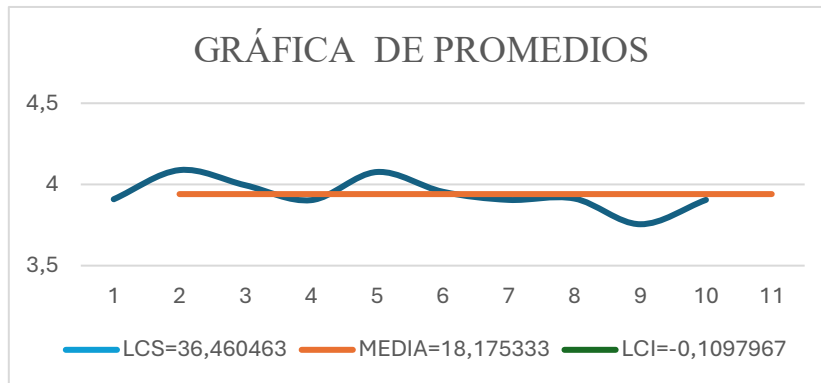
Cartas de control.

Observaciones	Carga de material	Subida del molde	Calentamiento	Termoformado	Bajada del molde	Descarga del techo	PROMEDIO	RANGO	PROMEDIO X	LCI	LCS	PROMEDIO R	LCI	LCS
	1	2	3	4	5	6								
1	2,93	0,77	3,25	15	1,17	0,33	3,90	14,67	3,94	-4,6	12,4	14,8	0	31,31
2	2,91	0,79	3,29	16	1,17	0,37	4,08	15,63	3,94	-4,6	12,4	14,8	0	31,31
3	2,9	0,78	3,28	15,5	1,17	0,34	3,99	15,16	3,94	-4,6	12,4	14,8	0	31,31
4	2,93	0,78	3,21	15	1,17	0,33	3,90	14,67	3,94	-4,6	12,4	14,8	0	31,31
5	2,9	0,77	3,25	16	1,17	0,37	4,07	15,63	3,94	-4,6	12,4	14,8	0	31,31
6	3,2	0,77	3,26	15	1,17	0,33	3,95	14,67	3,94	-4,6	12,4	14,8	0	31,31
7	2,9	0,77	3,26	15	1,17	0,33	3,90	14,67	3,94	-4,6	12,4	14,8	0	31,31
8	2,93	0,79	3,26	15	1,17	0,33	3,91	14,67	3,94	-4,6	12,4	14,8	0	31,31
9	3	0,77	3,26	14	1,17	0,33	3,75	13,67	3,94	-4,6	12,4	14,8	0	31,31
10	2,9	0,77	3,26	15	1,17	0,33	3,90	14,67	3,94	-4,6	12,4	14,8	0	31,31
							PROMEDIO X		3,9					
							PROMEDIO R		14,8					

Nota. Elaborado por los autores.

Gráfico 10.

Promedios.

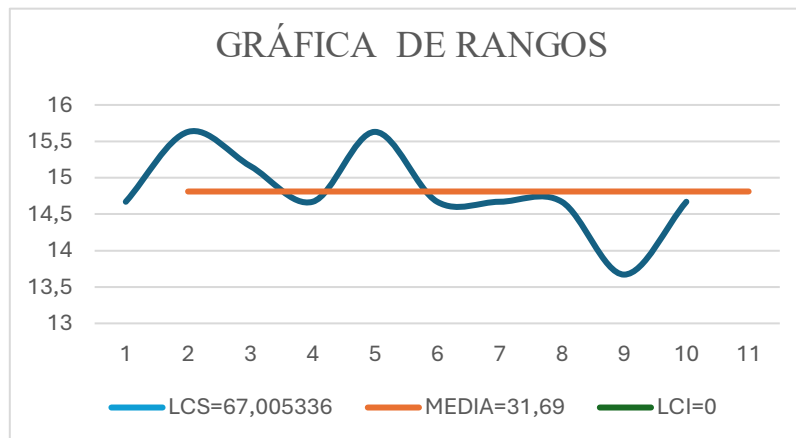


Nota. Elaborado por los autores.

En el gráfico 10, mediante la utilización de las cartas de control de media, todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control lo que indica que el proceso está bajo control estadístico y el proceso presenta una variabilidad normal.

Gráfico 11.

Rangos.



Nota. Elaborado por los autores.






















Mediante las muestras analizadas, se observa que los datos se están dentro de límite de control superior (LCS=67), menciona que no presentan alteraciones significativas, es decir, el proceso se encuentra en bajo control e incluso la dispersión entre las mediciones es satisfactoria. La ausencia de puntos fuera de los límites o patrones irregulares sugiere que la variabilidad del sistema automatizado es constante, lo cual es favorable para garantizar la eficiencia en la fabricación de techos ecológicos. Por tanto, se concluye que el proceso es estable y confiable para la producción continua, véase en el gráfico 11.

3.1.1.7.5. Análisis comparativo del actual y propuesto.

Tabla 37.

Diagrama analítico del proceso- actual.

DIAGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO

Proceso: Productivo			RESUMEN		
ACTIVIDAD PARA REALIZAR:	SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Tiempo (seg)		
Fabricación de techos		Operación	1.707		
		Transporte	15		
Producto: Techos ecológicos		Inspección	200		
		Espera	1.038		
Fecha:		Almacenaje	0		
Método: Actual	Total, de actividades realizadas	16			
Elaborado por: Evelyn Villón - Alex Clemente	Distancia total en metros	5	OBSERVACIONES		
	Tiempo seg	2959,6			
N	DESCRIPCIÓN	Distancia metros	Tiempos segundos	SÍMBOLOS PROCESOS	
1	Almacenamiento temporal de materia prima		0		
2	Traslado de materia prima al área de preparación inicial	3	15		
3	Carga del polialuminio en el molde del prototipo de prensa hidráulica		154		
4	Subida del molde mediante la gata hidráulica manual		300		
5	Inspección		15		
6	Encender el termostato		10		
7	Encendido de las niquelinas hasta alcanzar la temperatura de 255°C		200		
8	Inspección		15		
9	apagar las niquelinas		10		
10	Termoformado		920		
11	Inspección		150		
12	Descenso del molde con gata manual		88		
13	Enfriamiento del techo		1038		
14	Inspección		20		
15	Descarga del techo		25		
16	Almacenamiento de producto terminado	2	0		
TOTAL		10	2960	8 1 4 1 2	

Nota. Elaborado por los autores.

Tabla 38.

Diagrama analítico del proceso- propuesto.

DIAGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO

Proceso: Productivo		RESUMEN			
Actividad para realizar:	SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Tiempo (seg)		
Fabricación de techos	●	Operación	1.336		
	➡	Transporte	15		
Producto: Techos ecológicos	■	Inspección	120		
Fecha:	▼	Espera	1.038		
	D	Almacenaje	0		
Método: Propuesto		Total, de Actividades realizadas	11		
Elaborado por: Evelyn Villón - Alex Clemente		Distancia total en metros	5		
		Tiempo seg	2508,6		
			OBSERVACIONES		
N	DESCRIPCIÓN	Dimensión (m)	Tiempo (seg)	SÍMBOLOS PROCESOS	
				● ➡ ■ D ▼	
1	Almacenamiento temporal de materia prima.		0		
2	Traslado de materia prima al área de preparación inicial	3	15		
3	Carga del polialuminio en el molde del prototipo de prensa hidráulica.		154		
4	Subida del molde mediante la gata hidráulica eléctrica.		46		
5	Encendido de las niquelinas hasta alcanzar la temperatura de 255°C mediante el PLC.		150		Tiempo constante de cada techo.
6	Termoformado controlado con PLC.		900		
7	Inspección.		120		
8	Descenso del molde con gata hidráulica eléctrica.		66		
9	Enfriamiento del techo.		1038		
10	Descarga del techo.		20		Uso adecuado de EPPS.
11	Almacenamiento de producto terminado.	2	0		
TOTAL		10	2508,6	6 1 1 1 2	

Nota. Elaborado por los autores.

En las tablas 37 y 38, muestran los diagramas de análisis de proceso actual y propuesto respectivamente, que demuestra el proceso completo para su funcionamiento y el propuesto que pueda mostrar el proceso.

Cálculo de productividad.

Fórmula:

$$Productividad = \frac{\text{Tiempo total disponible}}{\text{Tiempo por unidad}} = N \text{ de techos producidos}$$

Productividad actual:

$$\frac{28,800}{2960 \text{ s}} = 9 \text{ techos / día}$$

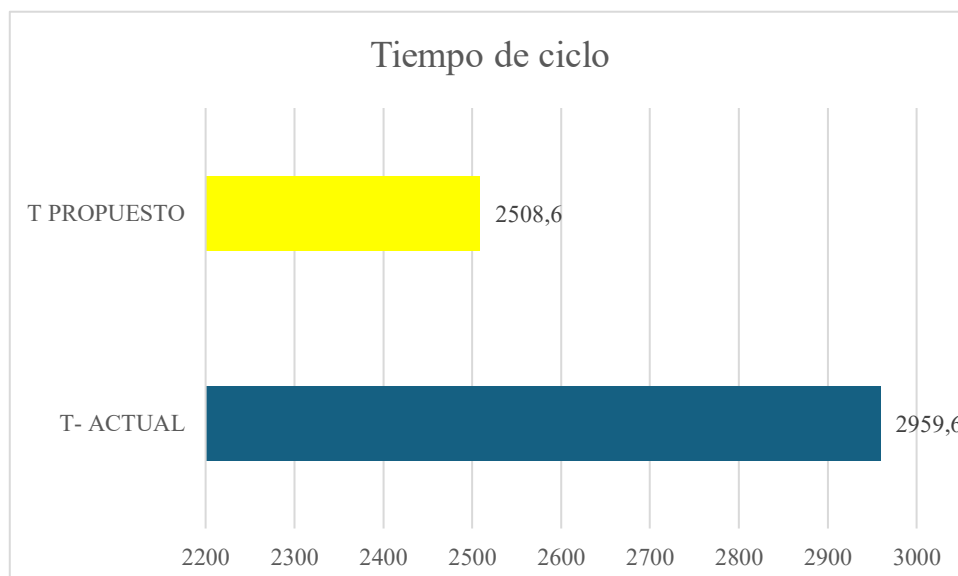
Productividad propuesta:

$$\frac{28,800}{2508,6 \text{ s}} \\ = 12 \text{ Techos / día}$$

Con respecto a la productividad se evidencia que al tener un menor tiempo posible de cada ciclo se obtienen más techos por día en este caso, la propuesta es favorable porque proporciona un aumento de tres unidades más que un proceso manual.

Gráfico 12.

Comparativa actual-propuesto.



Nota. Elaborado por los autores.

En el gráfico 12, mediante la comparación del diagrama de análisis de proceso y cálculo de la productividad actual y propuestos da como resultado que con la automatización va a mejorar la productividad con un 22,6% de mejora de 2508,6.

3.1.1.7.6. Control de calidad en la fabricación del prototipo.

Tabla 39.

Control de calidad en la fabricación.

Elemento de Diseño	Criterio Técnico	Norma / Fundamento	Cumple (✓ / X)
Diseño estructural general.	Resistencia estructural con acero A36, sin deformaciones bajo carga.	ASTM A36 / INEN-ISO 3834.	✓
Diseño del molde ondulado.	Geometría uniforme, sujeción estable, distribución térmica homogénea.	Diseño funcional validado por simulación térmica.	✓
Soporte de gata hidráulica.	Ubicación centrada, tubo de 3 mm resistente a cargas >10 ton.	INEN 439 / análisis por resistencia de materiales.	✓
Montaje de resistencias.	Distribución simétrica, fijación segura, sin contacto directo con superficies externas.	INEN 2050 / IEC 60204-1.	✓
Sistema de aislamiento térmico.	Uso de mica o materiales aislantes entre resistencias y estructura.	ISO 12100 / INEN 2266.	✓
Diseño del circuito eléctrico.	Cableado protegido, canalizado, con dispositivos de seguridad térmica.	INEN 2050.	✓
Automatización con PLC LOGO.	Secuencia automática programada, control de temperatura y presión, fin de carrera.	IEC 60204-1 / ISO 12100.	✓
Distribución de peso y estabilidad.	Centro de masa bajo, equilibrio estructural durante el prensado.	Diseño mecánico seguro / Norma de máquinas.	✓
Tamaño del producto final (1m x 0.60m).	Moldeado uniforme y dimensiones precisas tras prensado.	Diseño basado en requerimientos funcionales.	✓
Control térmico.	Monitoreo de temperatura.	Normas de diseño térmico.	✓
Accesibilidad para mantenimiento.	Espacios suficientes para limpieza, inspección y ajustes.	ISO 12100 / Diseño ergonómico.	✓

Nota. Elaborado por autores.

En la tabla 39, se muestra la herramienta checklist técnico que se basa en criterios de diseño para el prototipo automático de prensa hidráulica destinado a la fabricación de techos ecológicos. Incluye revisión de elementos estructurales, térmicos, eléctricos, de automatización y de seguridad, en relación con el cumplimiento de principios de diseño, funcionalidad y normativa técnica.

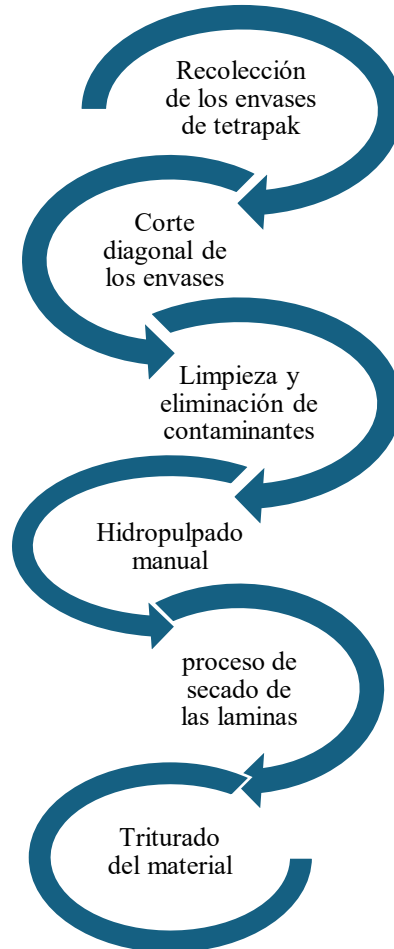
Fases de preparación de material reciclado.

Mediante las fases de preparación de material reciclado efectuadas en la termocompresión, se estructura de manera secuencialmente desde la recolección de

material definido hasta terminar con el proceso despulpado manual de los envases de tetra pak que permitan el procesamiento térmico adecuado, véase en el gráfico 23.

Figura 23.

Fases de preparación de material reciclado.




Nota. Elaborado por los autores.

Recolección de los envases de Tetra Pak.

Tabla 40.

Proceso descriptivo de la materia prima.

Proceso descriptivo de la materia prima	
Descripción	Ilustración gráfica
<p>Selección de envases: Para la producción de un techo ecológico se requirió aproximadamente 9 kg que representa 300 envases de Tetra Pak de un como muestra en la figura 25, representando un volumen considerable de material reciclable.</p>	

Corte de envases del tetra pak: muestra el corte adecuado que permita la facilidad en su respectivo uso en las fases posteriores.



Limpieza y eliminación de contaminantes: muestra la limpieza de residuos sólidos, materia orgánica y contaminantes adheridos a las superficies internas y externas de los envases de Tetra Pak. Se emplea un proceso de lavado manual, utilizando agua limpia que permiten desprender las impurezas.



Proceso de hidropulpado manual: el hidropulpado manual consiste en sumergir los envases de Tetra Pak previamente cortados y limpiados en un recipiente con agua, permitiendo que el contacto prolongado reblandezca y facilite la separación de las capas constituyentes del material (cartón, polietileno y aluminio), garantizando una limpieza más profunda.



Proceso de secado de láminas de polialuminio: se demuestra el proceso de secado de las láminas de polialuminio consiste en la eliminación de la humedad residual que permanece tras la fase del proceso de secado de las láminas de polialuminio consiste en la eliminación de la humedad residual que permanece tras la fase de hidropulpado.



Triturado manual del polialuminio: consiste en descomponer las láminas en fragmentos más pequeños mediante la acción mecánica de las manos utilizando tijeras. Esta acción permite reducir el tamaño del material a dimensiones manejables mejorando su densidad y compactación durante el proceso de termocompresión. Para las pruebas finales y funcionamiento del prototipo, fue necesario la selección del material reciclado (polialuminio), el cual fue adquirido el fin de disminuir la contaminación de nuestra provincia, se adquirieron aproximadamente 13,00 kilogramos.



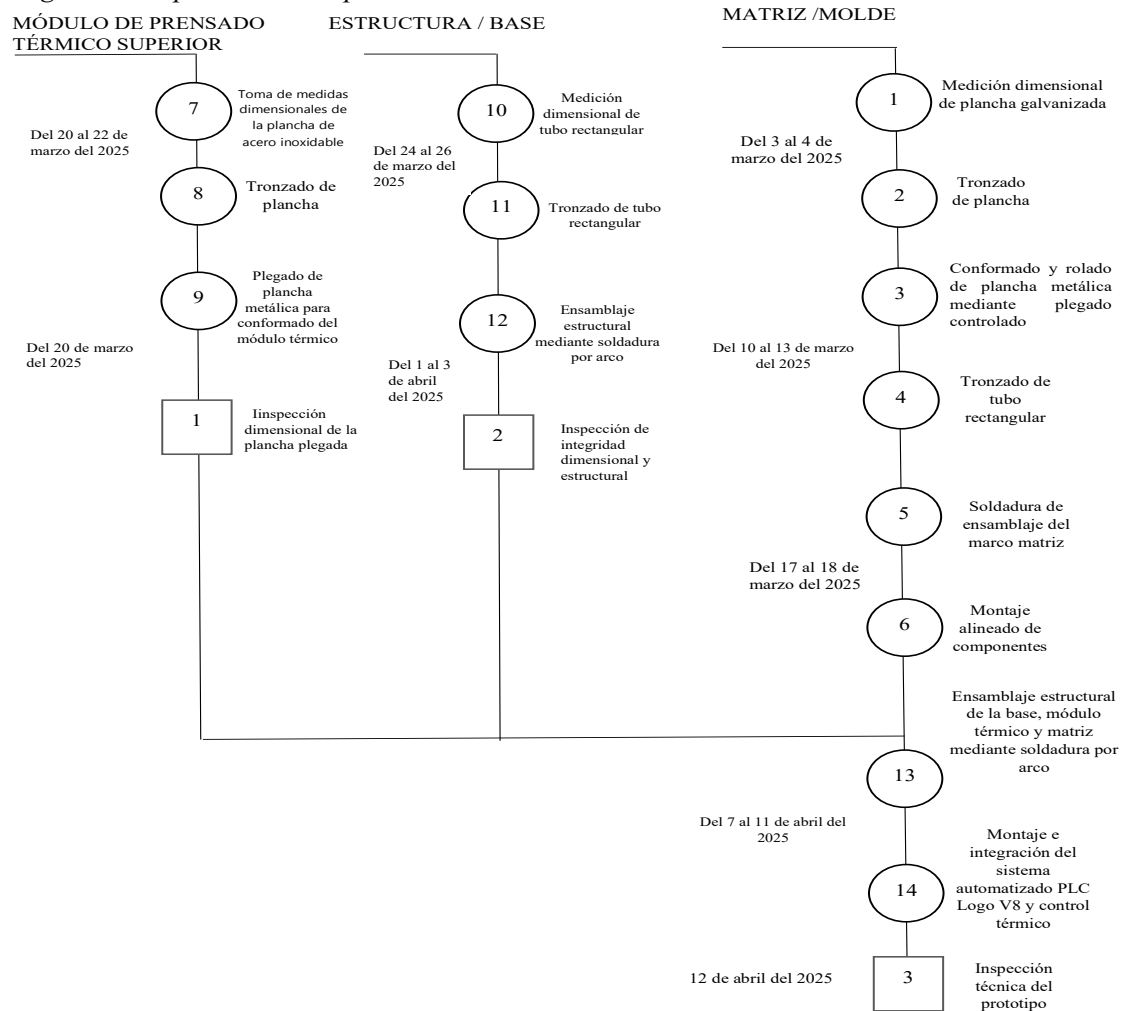
Nota. Elaborado por los autores.

Esta actividad consiste en la recopilación sistemática de los envases posconsumo, generalmente obtenidos a través de puntos de acopio ubicados estratégicamente en comunidades, centros educativos y áreas residenciales para el proceso descriptivo, como se muestra en la tabla 40.

3.1.1.7.7. Diagrama de operaciones proceso.

Figura 24.

Diagrama de operaciones de proceso.



Nota. Elaborado por los autores.

En la figura 24, muestra el diagrama de proceso detallado de actividades para tres modelos diferentes: módulo de prensado térmico, estructura base y matriz molde. Cabe destacar que cada módulo tiene un conjunto específico de tareas que deben completarse dentro de un periodo determinado.

3.1.1.7.8. Diagrama de analítico de proceso.

En la tabla 41, se presenta el diagrama de operaciones de proceso de la construcción del prototipo automático. El proceso se estructura de forma clara en tres módulos: módulo de prensado térmico superior, estructura base y matriz del molde, cuyas actividades se integran progresivamente hasta en la etapa final del ensamblaje.

Tabla 41.

Diagrama analítico del proceso.

		RESUMEN						
Proceso: Productivo		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Tiempo (seg)				
Actividad para realizar:		●	Operación	18				
Fabricación de techos		→	Transporte	1				
Producto: Prototipo automático		■	Inspección	2				
Fecha:		◐	Espera	0				
		▼	Almacenaje	2				
	Total, de		Actividades realizadas	23				
Método: Actual x	Distancia total en metros			2				
Elaborado por: Evelyn Villón - Alex Clemente	Tiempo min			553,68				
				SÍMBOLOS PROCESOS	OBSERVACIONES			
Nº	DESCRIPCIÓN	Distancia metros	Tiempos minutos					
1	Almacenamiento de materia prima		0	●				
2	Inspección de la materia prima		5	■				
3	Traslado de materia prima al área de fabricación	2	10	→				
4	Toma de medidas correctas en plancha		5	●				
5	Corte de plancha para matriz		4	■				
6	Doblado en plancha en forma de ondas para matriz		50	●				
7	Toma de medidas correctas en tubería rectangular		10	■				
8	Corte en tubería rectangular		8	●				
9	Soldadura en tubería para marco de matriz		35	■				
10	Pulido de la matriz		12,6	●	Tiempo constante de cada techo.			
11	Soldadura en tubería rectangular para estructura del prototipo		25	■				
12	Instalación de gata hidráulica eléctrica de 5T		26,5	●	Uso adecuado de EPPS			
13	Instalación de las resistencias eléctricas en el sistema de calentamiento		35,68	■				
14	Colocación de la fibra de vidrio en el sistema de calentamiento		22,8	●				
15	Instalación del sistema automatizado		90	■				
16	Elaboración de la cubierta superior con aislante térmico		31	●				
17	Construcción de caja de control		39	■				
18	Soldadura de varilla de acero inoxidable de 3/8 para soporte del tubo flexible		8	●				
19	Soldadura del Tubo flexible de aluminio		10	■				
20	Pinta toda la estructura del prototipo		51	●				
21	Inspección de acabado del prototipo		15,1	■				
22	Prueba de funcionamiento		60	●				
23	Almacenamiento del prototipo terminado		0	▼				
TOTAL		2	553,68	18	1	2	0	2





Nota. Elaborado por los autores en el software Excel.

En el tabla 41, muestra el diagrama de análisis de proceso la se detalla el diagrama de análisis de proceso, con un total de 6610 segundos que equivalen a 110 minutos, que sirva para mapear, y visualizar todas las etapas, actividades involucradas en el proceso de producción, para lograr identificar las mejoras.

Muestras del funcionamiento

Tabla 42.

Pruebas de funcionamiento.

Pruebas	% Material	Tiempo de ciclo	T (°C)	Cantidad de material (Lb)	Espesor (mm)	Compactación	Uniformidad	Total	%	Resultado (foto)
P1	100% Tetra pak triturado	38 min	230	3.2 lb	3mm	1	3	4	17%	
P2	100% láminas de polialuminio sin triturar	39 min	240	3.2 lb	3 mm	1	3	4	17%	
P3	100% polialuminio triturado	40 min	250	3.2 lb	4 mm	3	3	6	25%	
P4	60% polietileno y 40% de aluminio triturado	41 min	255	3.2 lb	4 mm	5	5	10	42%	

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 42, se evidencia que la prueba número 4, con material (60% de polietileno y 40% de aluminio triturado), se determinó el tiempo de ciclo del prototipo de 41 minutos, con una temperatura 255°C, un espesor de 4 mm y obtendrá un porcentaje de 42% considerando el valor mayor, su compactación y su uniformidad, como se muestra en el anexo Q.

Consumo total del prototipo.

Datos:

Voltaje: 220 V.

Resistencias (“niquelinas”): 41,5 A $\rightarrow P_n = 220 \text{ V} \times 41,5 \text{ A} = 9\,130 \text{ W}$ (9,13 kW).

Subida del molde: 0,70 A = 154 W (0,154 kW).

Bajada del molde: 0,70 A = 154 W (0,154 kW).

Duración de cada fase.

Subida del molde: $46 \text{ s} = 46 / 3600 \approx 0,01278 \text{ h}$.

Calentamiento: $3 \text{ min } 15 \text{ s} = 195 \text{ s} = 195 / 3600 \approx 0,05417 \text{ h}$.

Bajada del molde: $1 \text{ min } 10 \text{ s} = 70 \text{ s} = 70 / 3600 \approx 0,01944 \text{ h}$.

Cálculo por consumo:

$$E = P(kW) \times t(h)$$

Subida del molde:

$$E_1 = 0,154 \text{ kW} \times 0,01278 \text{ h} \approx 0,00197 \text{ kWh}$$

Calentamiento (resistencias):

$$E_2 = 9,13 \text{ kW} \times 0,05417 \text{ h} \approx 0,495 \text{ kWh}$$

Bajada del molde:

$$E_3 = 0,154 \text{ kW} \times 0,01944 \text{ h} \approx 0,00299 \text{ kWh}$$

Consumo total por techo:

$$E_{total} = 0,00197 + 0,495 + 0,00299 \approx \mathbf{0,500 \text{ kWh}}$$

El consumo es de 0,500 KWh por ciclo es bajo comparado con procesos industriales que suelen gastar más por unidad de producción, es rentable y eficiente.

3.1.1.7.8.1. Validación final.

En las categorías se plantearon 24 preguntas para validar las preguntas finales: el primer experto valoró 17 categorías como eficientes y 7 aceptable. El segundo experto valoró 7 categorías como eficientes, 16 aceptables y 1 regular. El tercer experto valoró con 24 categorías como eficientes. El cuarto experto ha realizado valoración de 22 categorías como eficientes y 2 aceptables, véase en la tabla 43 y en el anexo H.

Tabla 43.

Valoración del contenido.

		Valoración del contenido																								Valor	Comentario
N°	Expertos	Categorías																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
	1	E	A	A	E	E	A	E	E	E	A	E	E	A	E	E	E	E	A	E	A	E	E	E	E	11	La estructura de las categorías presentadas tiene coherencia, la cual favorece la validez de contenido.
	2	A	A	E	A	A	A	E	E	E	E	A	A	A	A	E	3	A	E	A	A	A	A	A	A	10	
	3	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	12	
	4	E	E	E	E	E	E	E	E	A	E	E	E	E	E	E	E	E	E	A	E	E	E	E	E	11	

Nota. Elaborado por los autores

Tabla 44.

Tabulación de los datos obtenidos de la encuesta.

		Estudiantes encuestados																																
Nº		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3			
P1		5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	1	5	
P2		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	5	
P3		5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	1	5		
P4		5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	5	
P5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	1	5	
P6		5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	1	5	
P7		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	5	
P8		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	5	
P9		5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	5	
P10		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	5	
P11		5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	5	
P12		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	1	5
P13		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	1	5
P14		5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	5
P15		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	1	5
P16		5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	1	5	
P17		5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	5
P18		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	1	5
P19		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	5	
P20		5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	5
P21		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	1	5	
P22		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	5
P23		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2	1	5
P24		5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	1	5	

Nota. Elaborado por los autores.

La tabulación de los datos obtenidos aplicados a los estudiantes de la carrera ingeniería industrial se presenta en la tabla 44. Los datos que se obtienen permiten una validación científica del prototipo automático para fabricación de techos ecológicos. A través de esto permitió valorar sus dimensiones justificando su aplicabilidad dentro de un entorno académico e industrial.

En la tabla 45, muestra la matriz de los resultados que reflejan las percepciones de cada ítem evaluado mediante el cuestionario adjuntando los anexos.

Tabla 45: *Análisis de resultados obtenidos de la encuesta.*

Preguntas	Análisis de preguntas	Anexos
Preg1	En el gráfico 13, muestra que el 53,3 % de los estudiantes califico como aceptable, mientras que el 38,7% lo considero como eficiente, esto indica que están en un buen nivel. No obstante, un 10% y emitió valoraciones. Esto sugiere que la temperatura que alcanza cumple con los requerimientos del proceso.	Anexo I
Preg2	En el gráfico 14, el 53,3% considero como aceptable, el 40% califico como eficiente esto indica un buen nivel de satisfacción. Es decir que la temperatura con que se estabiliza cumple con las expectativas funcionales.	Anexo I
Preg3	En el gráfico 15, muestra el 56,7% evaluó el tiempo como aceptable, mientras que el 33,3% menciona que es eficiente. Por otro lado, el 10% otorgo valoraciones críticas. Es decir, el tiempo de calentamiento del proceso es adecuado.	Anexo I
Preg4	En el gráfico 16, muestra que el 53,3% la presión es aceptable, mientras que el 33,3% considera como eficiente, solo el 10% y 3,3% considera poco aceptable e ineficiente respectivamente. Estos resultados consideran adecuada la presión máxima alcanzada y es válida para el funcionamiento como componente esencial.	Anexo I
Preg5	En el gráfico 17, muestra el resultado de 53,3% de los encuestados, el 38,7% lo considera eficiente, tan solo el 6,7% de los encuestados realizo valoraciones críticas. Estos resultados validan la eficiencia el instante que alcanza la presión máxima.	Anexo I
Preg6	En el gráfico 18, se evaluó con 53,3% califico su estabilidad de la presión mínima como aceptable, un 38,7% se consideró eficiente. Solo un 3,3% evaluó como poco aceptable e ineficiente.	Anexo I
Preg7	En el gráfico 19, muestra que el 50% de los encuestados considero como aceptable, el 43,3% considero eficiente. Solo el 6,7% las respuestas se sitúan en las categorías de poco aceptable e ineficiente, lo que evidencia que el ciclo de prensado del prototipo automático mantiene una duración estable.	Anexo I
Preg8	En el gráfico 20, se considera un 53,3% como aceptable, mientras que el 40% lo evaluó como eficiente. Solo el 6,7% manifestó observaciones desfavorables. Lo que indica que tiempo invertido en la fase de prensado cumple los parámetros requeridos.	Anexo I
Preg9	En el gráfico 21, el 56,7% lo califico como aceptable, el 38,7% como eficiente, solo un 4,6% expreso valoraciones menos favorables.	Anexo I

Preg10	En el gráfico 22, el 50% de encuestados evaluó como eficiente, el 43,3% considero aceptable, mientras un 6,7% expresa valoraciones desfavorables.	Anexo I
Preg11	En el gráfico 23, el 70%, el 23,3% es eficiente. Tan solo un 6,7% realizo respuestas negativas. Lo que indica que el nivel de intervención manual a lo largo del ciclo mantiene un nivel adecuado.	Anexo I
Preg12	En el gráfico 24, el 40% realizo la evaluación como aceptable, el 43,3% como eficiente y un 10% las valoraciones negativas. La cantidad de acciones manuales realizadas en el ciclo mantiene un nivel adecuado.	Anexo I
Preg13	En el gráfico 25, el 43,3% considera aceptable, el 40% eficiente y solo el 13,3% evaluó como regular y solo una respuesta considero ineficiente. Demostrando que la capacidad actual de la producción es satisfactoria, es decir, está a un nivel adecuado de desempeño.	Anexo I
Preg14	En el gráfico 26, en 46,7% de los encuestados califco como aceptable, mientras que el 38,7 como eficiente. Por otro lado, un 13,3% es regular y solo un 3,3% califco poco aceptable. Considerando que la producción durante la jornada de 8 horas cumple con el rendimiento esperado.	Anexo I
Preg15	En el gráfico 27, el 48,7% es aceptable, el 43,3% es eficiente, mientras que el 6,7% expreso valoraciones poco favorables, Esto indica un buen acabado del producto.	Anexo I
Preg16	En el gráfico 28, el 48,3% evaluó como aceptable, mientras que el 37,9% lo considero eficiente. Por otro lado, el 13,8% existieron respuestas menos positivas. Esto indica que el material presenta un comportamiento resistente.	Anexo I
Preg17	En el gráfico 29, 50% considero como aceptable, el 38,7% como eficiente y el 11,3% con respuestas poco favorables. Esto indica que el material que se utilizó presenta una flexibilidad adecuada.	Anexo I
Preg18	En el gráfico 30, el 43,3% califco como aceptable mientras que el 40% como eficiente y solo el 13,3% valoraron como menos favorables. Cabe destacar que el nivel de rigidez es el adecuado.	Anexo I
Preg19	En el gráfico 31, el 50% evaluó como aceptable, el 43,3% como eficiente, solo el 6,7% respondió con respuestas negativas. Indica que tiene una buena capacidad de aislamiento térmico.	Anexo I
Preg20	En el gráfico 32, 63,3% califco como aceptable, mientras que el 33,3% como eficiente. Y solo el 3,3% considero una respuesta negativa. Lo cual indica que el comportamiento térmico de la materia la mantiene estable sometido a diferentes rangos de temperatura.	Anexo I

Preg21	En el gráfico 33, muestra que el 42,9% califico como aceptable, mientras que el 48,4% considero como eficiente y hubo un 8,7% de las respuestas que fueron desfavorables. Esto indica un nivel alto de conformidad.	Anexo I
Preg22	En el gráfico 34, expresa una valoración del 51,7% como aceptables, el 41,4% califico eficiente y hubo un 3,4% que consideraron respuestas negativas. Esto indica un aporte esencial en la contribución a la mitigación del impacto ambiental.	Anexo I
Preg23	En el gráfico 35, el 48,7% considero como aceptable, el 40% como eficiente y solo el 11,3% valoró con respuestas negativas. Este resultado respalda la viabilidad energética del sistema.	Anexo I
Preg24	En el gráfico 36, el 60% califico como aceptable, mientras que el 33,3% como eficiente, y solo un 6,7% con valoraciones críticas. Esto indica que el resultado asociado logra reducir el tiempo sin comprometer al consumo eléctrico.	Anexo I

Nota. Elaborado por los autores.

3.1.1.7.8.2. Análisis de fiabilidad alfa de Cronbach.

Para dar fiabilidad y validez al instrumento utilizado en la evaluación técnica del prototipo mediante método Delphi, de los datos recolectados se utilizó este método alfa de Cronbach que permite medir el grado de correlación entre los ítems del cuestionario, y se empleó la herramienta estadística el software IBM SPSS 30 (anexo S), se utiliza el coeficiente Kappa (K), Este coeficiente trabaja entre un rango de 0 y 1, si el valor es cercano a 1 refleja una alta consistencia mientras que el valor cercano es 0 se entiende como baja consistencia. Para mayor entendimiento se presenta lo siguiente:

Para dar fiabilidad al cuestionario técnico que se validó por los expertos (se evaluó eficacia, diseño, funcionalidad, sostenibilidad Si el coeficiente K: $0,8 < K < 0,9 =$ *Eficiente*:

- Si el coeficiente K: $0,5 < K < 0,8 =$ *Estable*.
- Si el coeficiente K: $0,8 < K < 0,9 =$ *Deficiente*.

Tabla 46.

Resumen de procesamiento de casos.

Resumen de procesamiento de casos			
		Nº	%
Casos	Valido	30	100,0
	Excluido	0	0,0

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 47, mediante el software IBM SPSS 30, se elaboró el cálculo de fiabilidad, para lo cual arrojo un resultado de 0,997. Esto indica que un nivel eficiente, la cual expresa que las preguntas están alineadas para medir una misma dimensión.

Tabla 47.

Fiabilidad del instrumento.

Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Coeficiente Alfa de Cronbach calculado con ítems estandarizados	N° de Ítems
0,997	0,80	24

Nota. Elaborado por los autores.

3.1.1.7.8.3. Correlación de las variables por el método de Pearson.

El método de correlación de Pearson es una técnica estadística que tiene un objetivo de identificar relaciones entre dos variables que son medidas durante el funcionamiento del prototipo, el coeficiente de correlación de Pearson, una herramienta estadística es utilizada para analizar la intensidad y dirección de la relación lineal entre dos variables cuantitativas (Lalinde et al., 2018). Para interpretar adecuadamente los resultados, se debe considerar el valor de coeficiente (r) como su significancia estadística (p). El valor de r cercano a 1, indica una correlación positiva, mientras, que los valores cercanos a 0 reflejan una correlación débil o nula. Si $p < 0,05$ quiere mencionar que hipótesis nula es falsa (Arias & Molina, 2017). A continuación, se muestra la escala de interpretación del coeficiente Pearson:

- $r = 0$; Ausencia de correlacion.
- $0 < r < 0,30$; Correlacion debil.
- $0,30 < r < 0,70$; Correlacion moderada.
- $0,70 < r < 1$; Correlacion fuerte.
- $r = \pm 1$; Correlacion perfecta.

Mediante las variables descritas al inicio formulamos las hipótesis para poder aplicar la correlación de Pearson para su respectivo análisis.

Tabla 48: *Correlación entre variables por el coeficiente de Pearson.*

		Correlación	VI	VD
		Correlación de Pearson	1	0,993
VI		Sig (bilateral)		0,001
		N	30	30
VD		Correlación de Pearson	0,993	1

Significancia bilateral 0,001
 N 30 30

La correlación es significativa en el nivel de 0,01 (bilateral)

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 48, muestra una correlación moderada entre variables tanto independiente como dependiente, el coeficiente de Pearson es de 0,993. Esto indica que hay una correlación positiva fuerte y significativa vea en el Anexo J. Con esta afirmación de los resultados obtenidos, se procede a rechazar la hipótesis nula (Ho) y aceptar la hipótesis alternativa (Ha), lo cual indica la elaboración del prototipo automático cumple los parámetros adecuados. Mediante la relación moderadamente fuerte y significativa de 0,01 entre las variables ya mencionadas, reforzando así, su pertinencia y viabilidad de la propuesta.

3.1.1.7.9. Costos.

Luego de realizar la selección, adquisición y utilización de los materiales necesarios, se determinó el costo de los materiales uno de los componentes y herramienta que se utilizaron para poder construir el prototipo automático descritas a continuación:

Tabla 49.

Costos totales.

ITEMS	NOMBRE COMERCIAL	PRECIO UINITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1	Gata eléctrica Jack 5 TON 12V.	\$111,50	1	\$111,50
2	Modulo Driver Darl 12 v -110v.	\$20,00	1	\$20,00
3	Tubo Rectangulares Galvanizado 2 X 1 X 2 mm x 6MNOVA.	\$22,50	6	\$135,00
4	Tubo Rectangular Galvanizado A36 3MM x 3 M.	\$40,00	1	\$40,00
5	Plancha lamina en galvanizado 1/16 x 1.5 mm.	\$25,00	1	\$25,00
6	Tubo cuadrado galvanizado 1".	\$8,00	1	\$8,00
7	Electrodos 6011.	\$22,00	1	\$22,00
8	Disco de corte.	\$3,00	6	\$18,00
9	Disco de desbaste.	\$2,00	4	\$8,00
10	Pulsador 22 mm rojo (paro).	\$ 2,00	1	\$2,00
11	Pulsador 22 mm verde (marcha).	\$2,00	1	\$2,00
12	Pulsador 40 mm (paro de emergencia).	\$3,50	1	\$3,50
13	Cable SPT2 2M.	\$6,00	1	\$6,00
14	Relay 8 pines 110 vac/5 ^a .	\$10,50	2	\$21,00
15	Base para relay MK2P-1.	\$3,00	2	\$6,00
16	Cable de alta temperatura calibre 14.	\$45,00	1	\$45,00
17	Terminal tipo ojo aislada.	\$0,10	16	\$1,60
18	Terminales cilíndricos aislado tipo bala.	\$0,15	10	\$1,50

19	Manguera flexible de 2" 1m.	\$19,00	1	\$19,00
20	Plancha galvanizada de 1,5.	\$40,00	1	\$40,00
21	Cable GPT Flexible #18 AWG.	\$3,00	1	\$3,00
22	PLC LOGO SIEMENS 12-24 V.	\$180,00	1	\$180,00
23	Niquelinas 220V 1100 Watts 1/2". Pintura Silicona Hempel's	\$40,00	8	\$320,00
24	Aluminio 56910.	\$25,00	1	\$25,00
25	Tornillos de 1/8.	\$0,60	4	\$2,40
26	Tubo redondo de 2".	\$5,00	1	\$5,00
27	Amarras plásticas 10,0 cm x 2,5 mm CV-100.	\$0,60	25	\$1,50
28	Terminal T/ puntera P/ cable 16-18 amarillo.	\$0,50	1	\$0,50
29	Breaker G.E S/P 2x 60 AMP.	\$20,00	1	\$20,00
30	Cable concéntrico 3 X 8.	\$29,00	1	\$29,00
31	Cooper enchufe P/ gallina 30-50 AMP.	\$7,50	1	\$7,50
32	Terminar T/ hembra 12-10 amarillo.	\$0,08	6	\$0,48
33	Terminal plano T/ Macho 10-12 amarillo. CSC micro Switch Mini 16 A 125/220 v / placa larga.	\$0,08	6	\$0,48
34	Termocupla tipo K.	\$1,48	2	\$2,96
35	Termostato REX C-100.	\$10,00	1	\$10,00
36	Varilla de acero inoxidable 3/8".	\$39,00	1	\$39,00
37	Lamina de teflón 1 m x 1 m.	\$5,00	1	\$5,00
38	Tubo redondo de 5/8 x 115 mm.	\$46,00	1	\$46,00
39	Placa de identificación.	\$ 5,00	1	\$5,00
40		\$10,00	1	\$10,00
			SUB TOTAL	\$1.247,92
			10% DE INPREVISTOS	\$ 104,79
			MANO DE OBRA	\$ 150,50
			TOTAL	\$1.503,21

Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 49, muestra un análisis detallado, considerando la cantidad empleada, el precio unitario y su costo total para la construcción del prototipo automático, esto incluyen los siguientes: materiales, componentes electrónicos, mecánicos y otros materiales. Por lo tanto, el precio total de la fabricación del prototipo es de \$ 1.503,21.

3.1.1.7.10. Cálculos del VAN, TIR, PR.

En este sentido, se realizaron los cálculos del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y periodo de recuperación (PR) para evaluar la viabilidad del trabajo de investigación en relación con el presupuesto. Se consideró necesario determinar los ingresos semanales y mensuales de la producción de techos ecológicos como se detalla a continuación:

Precio unitario del techo ecológico: \$2.21.

Ingreso semanal: $72 \times 2.21 = \$159.12$.

Ingreso mensual: $300 \times 2.21 = \$ 663$.

Ingreso anual: $663 \times 12 = 7.956,00$.

Tabla 50.

Periodo de recuperación.

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo de fondo	\$ 1.503,21	\$7.956,00	\$7.956,00	\$7.956,00	\$7.956,00	\$7.956,00
Saldo actual del 10%	-\$1.503,21	\$7.232,73	\$6.575,21	\$5.977,47	\$5.434,06	\$4.940,05
Saldo acumulado	-\$ 1.503,21	\$5.729,52	\$12.304,73	\$18.282,20	\$23.716,26	\$28.656,31

Nota. Elaborado por los autores.

Considerando los valores de ingresos mensuales y el saldo acumulado se realiza el reemplazo en la fórmula para determinar el VAN, TIR y PR.

$$\text{VAN} = \text{Beneficio Neto actualizado (BNA)} + \text{Inversión inicial}$$

$$\text{VAN} = 30.159,52 - 1.503,21$$

$$\text{VAN} = \mathbf{\$28.656,31}$$

$$\text{TIR} = \mathbf{68\%}$$

$$\text{PR} = \text{año anterior de recuperación} + \frac{\text{Inversión}}{\text{Ingreso año de recuperación}}$$

$$\text{PR} = 0 + \frac{1.503,21}{7.956,00}$$

$$\text{PR} = 0.19 \approx \mathbf{2 \text{ meses}}$$

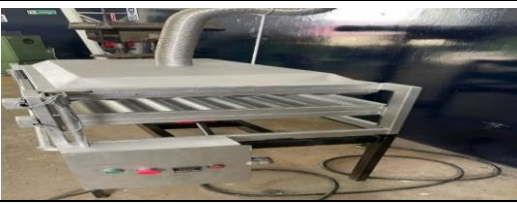
Los indicadores financieros calculados demuestran que el proyecto de investigación es económicamente atractivo, por lo que el valor del VAN refleja rentabilidad neta, el TIR demuestra un excelente rendimiento sobre la inversión dando como resultado 68% y el periodo de recuperación es de 2 meses. Por lo que se concluye que tiene un retorno rápido del capital. Estos resultados obtenidos justifican la ejecución del proyecto, al demostrar que tiene sostenibilidad financiera y retorno eficiente no solo contribuirá a la innovación técnica sino también a la viabilidad económica de soluciones sostenibles en la industria de la construcción de nuestra provincia.

3.1.1.7.11. Plan de mantenimiento.

El plan de mantenimiento detalla las actividades del prototipo automático esto presenta actividades preventivas necesarias para mantener en óptimas condiciones de funcionamiento, asegurar su operatividad, prolongar la vida útil y minimizar el riesgo de fallos y se presentan a continuación:

Tabla 51.

Plan de mantenimiento PROT-2025.

PLAN MANTENIMIENTO DEL PROTOTIPO AUTOMATICO - PROT-2025					
Componente	Descripción	Zona de maquina	Frecuencia	Responsable	Observaciones
Gata hidráulica.	Verificar presión del fluido y lubricar embolo.	Sistema hidráulico	Mensual.	Técnico hidráulico.	Usar lubricante de temperatura.
Molde superior/inferior.	Limpia residuos de polialuminio y revisar el desgaste.	Sistema hidráulico	Cada ciclo de prensado.	Técnico hidráulico.	Revisar presión, atascamiento y posibles fugas.
Niquelinas.	Medir continuidad, comprobar fijación y desgaste.	Sistema térmico.	Trimestral.	Técnico eléctrico.	Reemplazar si hay zonas quemadas.
Panel de control.	Verificar botones, relay, contactores y señales de PLC.	Sistema de control.	Mensual.	Técnico eléctrico.	Confirmar funcionalidad antes de cada jornada.
Sensor de temperatura.	Calibrar con multímetro, de control de temperatura.	Sistema térmico.	Mensual.	Técnico eléctrico.	Ajustar si hay lecturas inestables.
Cubierta superior.	Limpia superficies.	Cubierta superior.	Mensual.	Operador.	Retirar residuos de material y polvo acumulado.
Estructura general.	Inspeccionar soldaduras.	Estructura general.	Trimestral.	Técnico mecánico.	Revisar fisuras.
Cables eléctricos.	Verificar aislamiento y continuidad.	Sistema eléctrico.	Trimestral.	Técnico eléctrico.	Confirmar funcionalidad antes de cada jornada.
Pulsadores / Paro de emergencia.	Probar respuesta inmediata.	Sistema eléctrico.	Mensual.	Técnico eléctrico.	Confirmar funcionalidad antes de cada jornada.

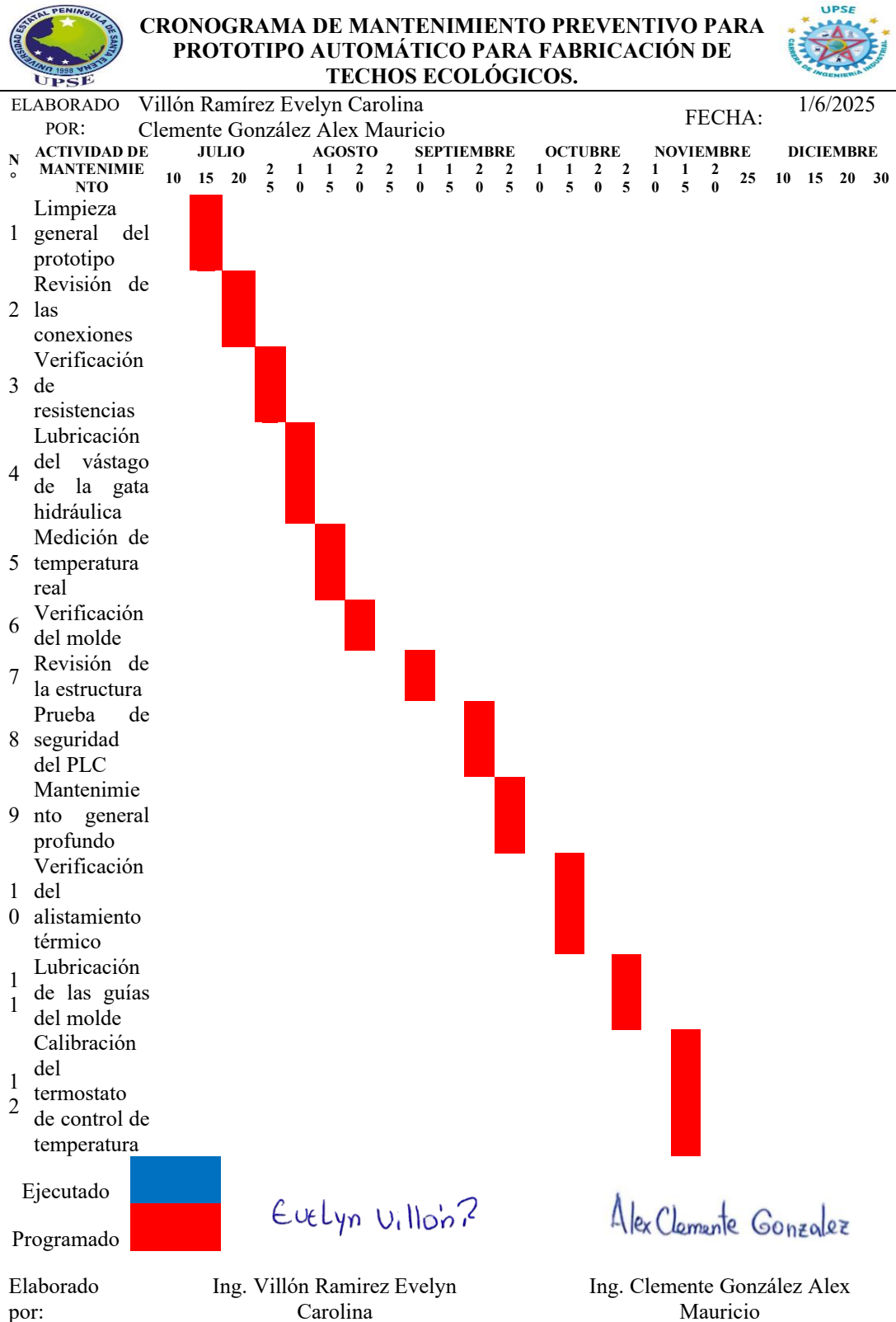
Nota. Elaborado por los autores.

En la tabla 51, detalla sus actividades de cada uno de sus componentes necesarios del prototipo automático para asegurar su funcionamiento, Esta planificación minimizara

paradas inesperadas, extiende la vida útil del equipo garantizando su funcionamiento óptimo.

Tabla 52.

Cronograma de actividades.



Nota. Elaborado por autores.

En la tabla 52, se evidencia las fechas programadas para la intervención de los equipos críticos del prototipo automático, además se observa el grado de planificación y anticipación que se tiene a posibles fallos.

3.2. Discusión.

La fabricación del prototipo automático para fabricar techos ecológicos permitió comprobar la aplicabilidad de los fundamentos y metodologías recopilados en la revisión sistemática de la literatura. La metodología, basada en el diseño experimental e integración de principios de la automatización e ingeniería mecánica fue válida por diversos autores que destacan la viabilidad del uso del polialuminio como un material adecuado para estructuras por su aislamiento térmico y su durabilidad. Durante la implementación del prototipo, se evidenció que la combinación del sistema automatizado mediante PLC LOGO V8 y el hidráulico permiten alcanzar óptimas condiciones de fusión y conformado del material reciclado.

La metodología utilizada en la sección 2.3 del capítulo II se estructuró en cinco fases, abarcando desde los requerimientos hasta las pruebas de funcionamiento del prototipo automático para fabricación de techos ecológicos. Donde adoptó un diseño tipo no experimental que permitió realizar bocetos preliminares, pruebas controladas y simulaciones antes de su construcción física. Por lo consiguiente el diseño y el funcionamiento del prototipo se validaron a expertos de la carrera respaldando el cumplimiento del trabajo de investigación. Por ende, mediante las fases de diseño y fabricación del prototipo, estableciendo un diseño no experimental, que permitió las pruebas y simulaciones antes de la fabricación.

Mediante el alfa Cronbach, se evalúa la consistencia interna de los instrumentos de medición utilizados, validando que la hipótesis alternativa al obtener el resultado de 0,997. Este resultado indica un alto grado de fiabilidad del prototipo y la satisfacción, generando respuestas satisfactorias, evidenciando las mejoras implementadas en la fase final del diseño del prototipo. Este resultado refleja un alto grado de fiabilidad del prototipo y la satisfacción de los usuarios, garantizando que las respuestas presentan consistencia obteniendo respaldo de los datos recogidos y se confirma estadísticamente, evidenciando que las mejoras implementadas en la fase final del diseño del prototipo.

CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo de la revisión sistemática de la literatura, por medio de prácticas eficientes para fabricación del prototipo automático en función a la termocompresión, fue posible determinar el modelo ideal para plantear la propuesta. Determinando así, un estudio de diseño, manufactura y ensamblaje, la aplicación del método kano, pro ultimo diseño y pruebas en el software SolidWorks.

Se establece el marco metodológico que permita el proceso y fabricación del prototipo, esto se rige, a secuencias metodológicas cumpliendo con el esquema de diseño de ingeniería concurrente, desde las etapas de diseño, fabricación, montaje y ensamblaje, determinando así una metodología estructurada para la construcción y validación del prototipo automático.

La viabilidad técnica del prototipo automático siguiendo rigurosamente las fases del diseño técnico. Las pruebas que se realizaron mediante un análisis estructural realizado en SolidWorks, logrando así una temperatura de 255°C en 41 minutos de tiempo de ciclo. Finalmente se elaboraron techos ecológicos de 0,80 m x 0,50 m con un acabado óptimo para su implementación en sistemas constructivos sostenibles. El proyecto de investigación toma una inversión de \$1.503,21, este proyecto abre puertas a nuevas oportunidades de mejora en el sector de la construcción y la economía circular de la provincia.

RECOMENDACIONES

Se recomienda fomentar investigaciones que integren metodologías experimentales rigurosas y herramientas de simulación para de esa manera evaluar la eficiencia térmica y estructural de materiales reciclados conforme a normativas técnicas nacionales e internaciones.

Con respecto al prototipo se recomienda implementar un sistema de enfriamiento automatizado controlado mediante PLC LOGO, con el objetivo de optimizar el tiempo de enfriamiento posterior al termoformado. Esta mejora permitirá reducir considerablemente los tiempos muertos del proceso de producción, lo cual aumentaría la productividad diaria de los techos ecológicos.

Finalmente, se recomienda continuar con investigaciones de proyectos orientados al diseño de tecnologías sustentables donde se utilicen residuos reciclables como materia prima, con enfoque en la mitigación del impacto ambiental en la provincia de Santa Elena. Como iniciativa el desarrollo de este trabajo de titulación representa una gran oportunidad valiosa para que desde el ámbito universitario se promuevan soluciones prácticas de economía circular.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, P. G., Hechavarría, H. J. R., Soto, V. G. S., & Rodríguez, M. V. R. (2024). Integración del método QFD y el Modelo Kano en el diseño de viviendas de interés social. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(S2), 47–53. <https://doi.org/10.62452/NKR3VZ44>
- Álvarez, C. A. I., Pérez, R. R. I., Gaskins, E. B. I., & Zayas, F. I. E. E. (2018). Soluciones conceptuales de un molino de cuchillas a partir de sus requerimientos funcionales//Conceptual solutions of a mill with blades from his functional requirements. *Ingeniería Mecánica. Revista Electrónica. ISSN 1815-5944*, 21(1), 28–35. <https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/577>
- Arbeláez, T., Rodríguez, L. C., Hincapie, Z., Leun, S., Torres, L., & Loaiza, U. (2019). Intervención tecnológica para la reconversión y automatización de una máquina termoformadora por vacío de una sola estación. *Revista EIA*, 16(32), 181–194. <https://doi.org/10.24050/REIA.V16I32.1197>
- Belin, S. Á. L. (2016). Desarrollo de un prototipo de prensa termoneumática para fabricación de electrodos porosos. *Exploraciones, Intercambios y Relaciones Entre El Diseño y La Tecnología*, 57–79. <https://doi.org/10.16/CSS/JQUERY.DATATABLES.MIN.CSS>
- Beltrán, A. J. M., Acurio, H. G. F., & Alulema, Z. P. S. (2021). Método AHP de Saaty para determinar los factores del quantum indemnizatorio por daño inmaterial en materia penal en Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 249–256. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000200249&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Blasco Mira, J. E., López Padrón, A., & Mengual Andrés, S. (2010). Validación mediante el metodo Delphi de un cuestionario para conocer las experiencias e interés hacia las actividades acuáticas con especial atención al Winsurf. *Ágora Para La Educación Física y El Deporte*, ISSN 1578-

2174, Vol. 12, No. 1, 2010, Págs. 75-94, 12(1), 75–94.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3217522&info=resumen&idioma=SPA>

Cabello, E., Cabello, A., Martínez, M., Cabello, E., Cabello, A., & Martínez, M. (2021). Validación de una encuesta para medir la satisfacción de los médicos residentes sobre el programa de especialización en Lima, Perú. *Revista Medica Herediana*, 32(1), 12–19.
<https://doi.org/10.20453/RMH.V32I1.3943>

Castañeda, O. F. Y., Ortega, R. J. A., & Areche, G. J. N. (2022). Uso de tetra pack como elemento constructivo de cubiertas para techos de viviendas. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico - Profesional*, ISSN-e 2550-682X, Vol. 7, No. 7 (JULIO 2022), 2022, Págs. 2334-2357, 7(7), 2334–2357. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i6>

Curiel Sánchez, F. G., Murguía Tostado, L. P., Camacho Ixta, I. A., & Bojórquez Morales, G. (2021). Análisis del desempeño térmico de un sistema constructivo de ensamblado en clima cálido seco extremoso. *REVISTA DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS*, 4(4), 256–274.
<https://doi.org/10.37636/recit.v44256274>

da Silva, K. C. P., Campos, A. T., Junior, T. Y., Cecchin, D., Lourençoni, D., & Ferreira, J. C. (2015). Reaproveitamento de resíduos de embalagens Tetra Pak-® em coberturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(1), 58–63. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V19N1P58-63>

Darío, M., Serna, A., Conrado, ;, Serna Urán, A., Carolina, A., & Builes, G. (2012). INFERENCIA DIFUSA APLICADA A LA INGENIERÍA CONCURRENTE PARA EL DISEÑO DE PRODUCTOS DE MANUFACTURA EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11(21), 127–138.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242012000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=es

- Donneys Paula, & Vidal Laura. (2020). *CUMPLIMIENTO DE LOS ODS, PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLE Y VIDA DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES, EN LAS ORGANIZACIONES DE ECONOMÍA SOCIAL Y SOLIDARIA (OESS)*.
- Enrique, A., Ayala, B., Santiago, R., Tabares, C., Alfonso, L., & Upegui, L. (2019). *REPOTENCIALIZAR UNA PRENSA HIDRÁULICA PARA EL PROCESO DE COMPACTACIÓN DE MATERIAL RECICLABLE Y ORDINARIO PRODUCIDO EN EL CENTRO COMERCIAL VIZCAYA*.
- Erazo, A. (2022). El diseño, la manufactura y análisis asistido por computadora (CAD/CAM/CAE) y otras técnicas de fabricación digital en el desarrollo de productos en América Latina. *Información Tecnológica*, 33(2), 297–308. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000200297>
- Georgiopolou, I., Pappa, G. D., Vouyiouka, S. N., & Magoulas, K. (2021). Recycling of post-consumer multilayer Tetra Pak® packaging with the Selective Dissolution-Precipitation process. *Resources, Conservation and Recycling*, 165, 105268. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.105268>
- Gómez, Á. V., Luis, I., Castellanos, S. T., Soriano, A. A., José, I., Castellanos, S. A., Josué, M. C., Cervantes, B. V., Aurelio, P.-V. I. M., & Ramiro, C. M. I. (2022). *Main Design Parameters of a Vermicompost Screening Machine Principales parámetros de diseño de una máquina cribadora de vermicomposta* (Vol. 31, Issue 1).
- González, A., & Sánchez, V. E. O. (2017). Evolución y desarrollo estratégico organizacional del Diseño para la manufactura y montaje (DFMA): Una revisión. *Cuaderno Activa*, 9, 143–167. <https://doi.org/10.53995/20278101.424>
- González, Y. E., Violet, M. A., Agudelo, H. D., González, Y. E., Violet, M. A., & Agudelo, H. D. (2019a). Aplicación del método de diseño para manufactura y ensamblaje al chasis de un vehículo de tracción humana de tres ruedas tipo recumbent como alternativa de transporte en la ciudad de

Montería. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 13(25), 35–44.
<https://doi.org/10.31908/19098367.4012>

González, & Yoshito, E. (2016). Diseño de una estufa solar de Geometría paraboidal portátil. *Researchgate.Net*.
https://www.researchgate.net/profile/Salvador-Montesinos-Gonzalez/publication/338582754_DISENO_DE_UNA_ESTUFA_SOLAR_DE_GEOMETRIA_PARABOIDAL_PORTATIL/links/5e1defeb299bf136303aa9a2/DISENO-DE-UNA-ESTUFA-SOLAR-DE-GEOMETRIA-PARABOIDAL-PORTATIL.pdf

Guerrero, V. M., Hernandis, O. B., & Agudo, V. B. (2014). Estudio comparativo de las acciones a considerar en el proceso de diseño conceptual desde la ingeniería y el diseño de productos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 22(3), 398–411. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052014000300010>

Guerrero, Villegas, Rosero, R., & Cortada, B. (2024). *CIRCULAR ECONOMY IN LOCAL CONTEXTS: THE ECUADOR CASE ECONOMIA CIRCULAR EM CONTEXTOS LOCAIS: O CASO EQUADOR EDITORA RESPONSÁVEL*. <https://doi.org/10.1590/2317-6172202430>

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. Paulina. (2018). *Colección Digital · Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta · Biblioteca Digital*. <https://bibliotecadigital.uce.edu.ec/s/L-D/item/793#?c=&m=&s=&cv=>

Hernandez Yoshito. (2012). “Diseño de un concentrador solar de geometría paraboidal portátil.” http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/11610.pdf

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.

Kumar, S., Campilho, R. D. S. G., & Silva, F. J. G. (2019). Rethinking modular jigs’ design regarding the optimization of machining times. *Procedia Manufacturing*, 38, 876–883.
<https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.01.169>

- López Rodríguez, D. F., & Rojas González, A. F. (2018). Factores que influyen las propiedades mecánicas, físicas y térmicas de materiales compuestos madero plásticos. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(23), 93–102. <https://doi.org/10.31908/19098367.3708>
- Macias Gallego, S., Guzmán Aponte, Á., Buitrago Sierra, R., Santa Marín, J. F., Macias Gallego, S., Guzmán Aponte, Á., Buitrago Sierra, R., & Santa Marín, J. F. (2020). Evaluation of Mechanical Properties of Composites Manufactured from Recycled Tetra Pak® Containers. *Tecnura*, 24(66), 36–46. <https://doi.org/10.14483/22487638.16296>
- Martínez Gonzalo, Hernandez Juan, Lopez Teresa, & Menchaca Carmina. (2015). Materiales sustentables y reciclados en la construcción. In *Materiales sustentables y reciclados en la construcción*. OmniaScience. <https://doi.org/10.3926/oms.211>
- Mena, M. S. A., Muyulema, A. J. C., Bermeo, G. M. V., & Reyes, S. F. E. (2022). La norma ISO 45001:2018 y la reducción de accidentabilidad en empresas resilientes. Una revisión sistemática. *AlfaPublicaciones*, 4(3.1), 187–213. <https://doi.org/10.33262/AP.V4I3.1.247>
- Mere, J. R. A. (2014). *Elaboración y evaluación de placas aglomeradas a base de polietileno de alta densidad reciclado y envases de Tetra Pak*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2919>
- Ortiz, & Peralta. (2019). El turismo de sol y playa: Impacto turístico en los ecosistemas de la comuna Ayangue, para mejorar la gestión de la actividad turística en la provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 6(2), 82–90. <https://doi.org/10.26423/RCTU.V6I2.494>
- Pardal, R. J. L., & Ochoa, S. C. (2017). Los artículos de revisión. *Revista ORL, ISSN-e 2444-7986, ISSN 2444-7986, Vol. 8, Vol. 4, 2017, Págs. 197-203*, 8(4), 197–203. <https://doi.org/10.14201/orl.17082>
- Pastrano, R., & Fernández, E. (2024). Diseño de prototipo para prótesis manufacturada con tecnología 3d en amputación transtibial. *Revista*

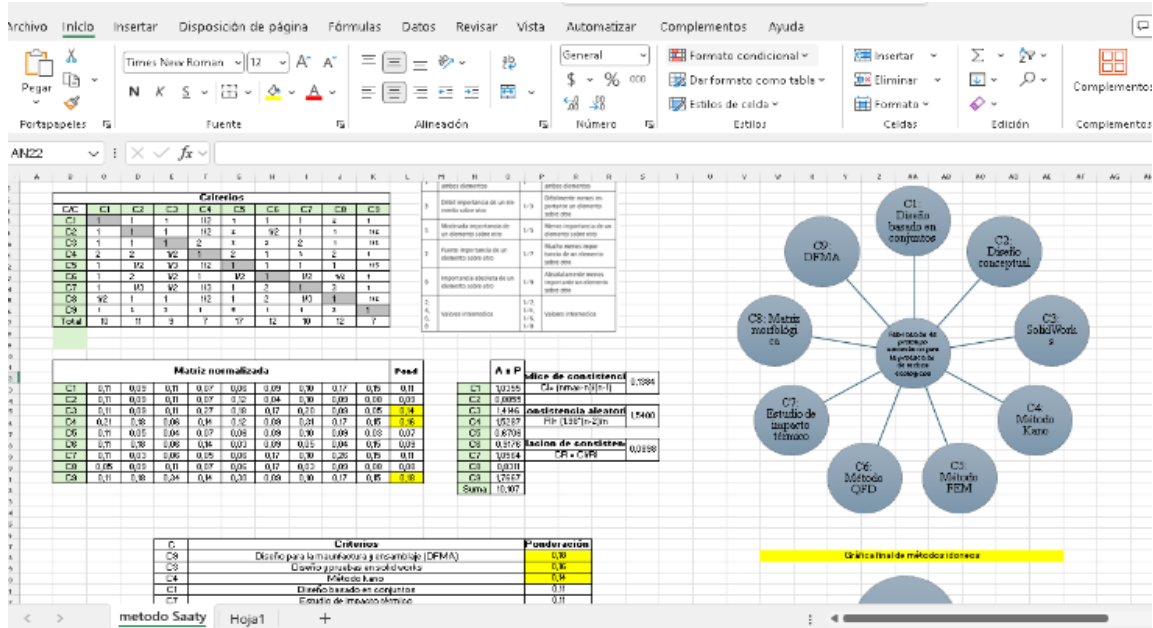
- Ecuadoriana de Ciencias de La Salud Alianza Del Sur*, 1(1), 4–15.
<https://doi.org/10.69583/RECSAS.V1N1.2024.128>
- Peñalba, D., Blanco, V., & Alvarez, H. (2023). *Application of the AHP method for the prioritization of social investment projects in the NGĀBE-BUGLÉ region*. <https://doi.org/10.33412/idt.v20.1.3976>
- Recupido, F., Lama, G. C., Lavorgna, M., Buonocore, G. G., Marzella, R., & Verdolotti, L. (2023). Post-consumer recycling of Tetra Pak®: Starting a “new life” as filler in sustainable polyurethane foams. *Food Packaging and Shelf Life*, 40, 101175. <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2023.101175>
- Revelo, S. O., Collazos, O. C. A., & Jiménez, T. J. A. (2015). *El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura Collaborative work as a didactic strategy for teaching/learning programming: a systematic literature review*. 21(41), 115–134.
- Rodríguez, A., & Perez, J. (2017). *Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento*. 179–200.
<https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Rodríguez, D. F. (2019). *DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA PRENSA ELECTROHIDRÁULICA PARA EL ESTAMPADO DE PLACAS DE VEHÍCULOS*.
- Serrano, B. L. (2023). Caracterización del polialuminio a partir del reciclaje de envases de tetra pak. *Vía Innova*, 10(1), 13–23.
<https://doi.org/10.23850/2422068X.4963>
- Valverde, M. T., & Sastre, M. G. (2016). ORDEN DE GÉNERO E INSATISFACCIÓN CORPORAL: UN ANÁLISIS CUALITATIVO. *DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde*, 11(TEMATICO).
<https://doi.org/10.12957/DEMETRA.2016.22493>
- Vargas, M. G., Galeano Higueta, C., & Jaramillo Muñoz, A. (2015). *EL ESTADO DEL ARTE: UNA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN THE STATE OF THE ART: A RESEARCH METHODOLOGY*.

- Vásquez, C., Rebaza, P. A., & Altamirano, C. L. (2024). Gestión de mantenimiento de maquinaria y equipos en diferentes sectores agroindustriales: Revisión sistemática. *Revista Alfa*, 8(23), 559–575. <https://doi.org/10.33996/REVISTAALFA.V8I23.286>
- Villabón, C. E., Casares, F. E., Rojas, D. A., & Suarez, O. J. (2021). Diseño De Técnicas De Control Clásico E Inteligente Para Regular Hornos Eléctricos De Tratamiento Térmico. *Ingeniería e Innovación*. <https://doi.org/10.21897/23460466.2645>
- Yoner-Argusto, Edward-Maria, & Saravia-Janeth. (2023). *Emisión de CO2 equivalente en las construcciones de viviendas unifamiliares de adobe y ladrillo*. <https://doi.org/10.21703/0718-2813.2023.34.2448>

ANEXOS.

Anexo A.

Tablas elaboradas en el software Microsoft Excel.



Nota. Elaborado por autores mediante el software Microsoft Excel.

Anexo B.

Artículos seleccionados.

No	Autor	Título	País	Fuente
1	(Dey & Ashok, 2024)	Fuzzy logic based qualitative indicators for promoting extended producer responsibility and sustainable food packaging waste management	India	ScienceDirect
2	(Wu et al., 2022)	Diseño conceptual de equipos de fabricación inteligente de múltiples fuentes	China	ScienceDirect
3	(Ishikawa & Sasaki, 2020)	A balanced design for plural performances of technology, economy and environment in product design	Japan	ScienceDirect
4	(Alvarez-Cabrera et al., 2018)	Soluciones conceptuales de un molino de cuchillas a partir de sus requerimientos funcionales	Cuba	SciELO
5	(Antonio Echeverría et al., 2023)	Design and manufacture of a metal mold for cast aluminum	Rusia	SciELO
6	(Y. E. González et al., 2019a)	Application of the design for manufacturing and assembly method to the chassis of a recumbent three-wheel human-powered vehicle as alternative transportation in the city of Montería	Colombia	SciELO
7	(Paoletti-Monizza et al., 2024)	Exploring applications of Computational Design techniques and design for manufacturability for cost reduction of prefabricated timber-based façades: The 'LegnoAitvo' design prototype	Italia	ScienceDirect
8	(Rammora & Werawatganon, 2021)	Applying Quality Function Deployment in Open Innovation Engineering	Thailand	ScienceDirect
9	(Vidal et al., 2023)	Análisis y evaluación del desempeño térmico de sistemas de cubiertas utilizadas en construcciones en aseso para edificaciones de vivienda ubicadas en la ciudad de Santiago de Cali y su área de influencia	Colombia	SciELO.org
10	(Gajusiak-Kocik & Izbickowski, 2023)	Implementation of the Kano model in a company providing public transport services	Polonia	ScienceDirect
11	(Lima-Pérez et al., 2023)	Validation of the incorporation of emotional response in consumer-based sensory development: case study in Peruvian craft beers	Peru	SciELO.org
12	(Cruz-Rivero et al., 2023)	El despliegue de la función de la calidad y la teoría para la solución de problemas de inventiva: un análisis de aproximación para la satisfacción de los requerimientos del cliente	México	SciELO.org
13	(Erazo-Arteaga & Erazo-Arteaga, 2022)	El diseño, la manufactura y análisis asistido por computadores (CAD/CAM/CAE) y otras técnicas de fabricación digital en el desarrollo de productos en América Latina	Ecuador	ScienceDirect
14	(Rey et al., 2020)	Conceptual design in integrative projects in courses for higher university technicians in mechatronics	México	SciELO.org
15	(M. María et al., 2022a)	Main Design Parameters of a Vermicompost Screening Machine Principales parámetros de diseño de una máquina cribadora de vermicompost	México	SciELO.org
16	(Santamaría-Piedrahíta et al., 2022)	Implementación de nuevos procesos de fabricación y ensamble de carrocerías para buses tipo BRT	Colombia	SciELO.org
17	(López De Asiain-Alberich et al., 2022)	Addressing sustainability. Construction of a prototype as a teaching design tool	España	SciELO.org
18	(Figueras Hernández et al., 2023)	Design and manufacture of a machine for tensile tests on materials used in tissue engineering	Cuba	SciELO.org
19	(Khan et al., 2024)	Design and development of machine vision robotic arm for vegetable crops in hydroponics	Pakistán	ScienceDirect
20	(Poon et al., 2024)	Machine tool cross beam design, fabrication, and testing using metal big area additive manufacturing	EE.UU	ScienceDirect

21	(Khandelwal et al., 2024)	Set-based design application on dates harvesting machine	Arabia Saudita	ScienceDirect
22	(Kumar et al., 2019a)	Rethinking modular jigs' design regarding the optimization of machining times	Portugal	ScienceDirect
23	(Abuzied et al., 2024)	Design and simulation of eco-friendly smartphone-controlled forklift	Egipto	ScienceDirect
24	(Seyam et al., 2024)	Laser powder bed fusion of WC-Co form turning tools with integrated cooling features: Design, printing, and test machining of Ti6Al4V	Canadá	ScienceDirect
25	(Takawira-Nyakuchena & Mushiri, 2020)	Design of an automated maize de-husking machine for the case of Zimbabwe	Johannesburgo	ScienceDirect
26	(Stratton & Corneal, 2023)	Development of a tiny house design tool to increase safety, efficiency, and cost-effectiveness	EE. UU	ScienceDirect
27	(Bakogianni et al., 2024)	Multidisciplinary design and manufacturing of a Tesla pump prototype	Reino Unido	ScienceDirect
28	(Recupido et al., 2023)	Efficient recycling pathway of bio-based composite polyurethane foams via sustainable diamine	Países Bajos	ScienceDirect
29	(Georgiopoulou et al., 2021)	Recycling of post-consumer multilayer Tetra Pak® packaging with the Selective Dissolution-Precipitation process.	Países Bajos	ScienceDirect
30	(Montiel-Bohórquez et al., 2019)	Generación de Energía a partir de Residuos Sólidos Urbanos. Estrategias Termodinámicas para Optimizar el Desempeño de Centrales Térmicas	Colombia	Scielo
31	Macías-Gallego et al. (2020)	Evaluation of Mechanical Properties of Composites Manufactured from Recycled Tetra Pak® Containers	Colombia	Scielo
32	Arbeláez-Toro et al. (2019)	Intervención tecnológica para la reconversión y automatización de una máquina termo formadora por vacío de una sola estación	Colombia	Scielo
33	(Aranda-García et al., 2020)	Influence of processing time on physical and mechanical properties of composite boards made of recycled multilayer containers and HDPE	México	ScienceDirect
34	(Lyli Moreira Macías, 2020)	Construcciones sostenibles: Materiales ecológicos en viviendas de interés social (vis) como aporte al hábitat urbano	Ecuador	ScienceDirect
35	(Castañeda Onofre et al., 2022a).	Uso de tetra pack como elemento constructivo de cubiertas para techos de viviendas	Ecuador	Scielo
36	Matilde Guerrero-Villegas et al., 2024)	Economía circular en contextos locales: caso Ecuador	Brasil	Scielo
37	(Jiménez et al., 2022)	Analysis of the Normative Framework of Circular Economy in Ecuador about the Plastics Sector	Ecuador	Scielo
38	Ortiz-Pabón et al. (2019)	El turismo de sol y playa: Impacto turístico en los ecosistemas de la comuna Ayague, para mejorar la gestión de la actividad turística en la provincia de Santa Elena	Ecuador	ScienceDirect
39	Bardi-Coello & González-Pinza (2021)	Propuesta de un diseño de prototipo de máquina automatizada que limpie los desechos sólidos en las playas de Chipepe de la provincia Santa Elena	Ecuador	ScienceDirect
40	(Díaz et al., 2023).	Economía circular en la industria latinoamericana del cemento y el concreto: una solución sustentable de diseño, durabilidad, materiales y procesos	México	ScienceDirect
41	(MI Gallego-Cifuentes, 2022)	Propuesta de elaboración del cuerpo de un cepillo de dientes bio ecológico a partir de la pulpa de cartón obtenida en los envases de tetra pak.	Colombia	ScienceDirect
42	(Gonzalo et al., 2023)	Envases Tetra Pak® de desecho y sus aplicaciones	México	Scielo
43	(Buonocore & De Luca, 2022)	Preparation and Characterization of Insulating Panels from Recycled Poly laminate (Tetra Pak) Materials	Italia	Scielo
44	Villabon-Castro et al. (2021)	Diseño De Técnicas De Control Clásico E Inteligente Para Regular Hornos Eléctricos De Tratamiento Térmico	Colombia	ScienceDirect
45	Rosales-Davalos et al. (2020)	Diseño e implementación de un sistema de control a lazo cerrado PID para manipular la temperatura en el proceso de termoformado. Revista de Ingeniería Eléctrica	México	ScienceDirect
46	Serrano-Sandoval (2023)	Caracterización del poli aluminio a partir del reciclaje de envases de tetra pak	Colombia	Scielo
47	Gabriel & Bijarro (2020)	Diseño de una Prensa Hidráulica Térmica para Elaborar Placas de Poli aluminio Reciclado	México	ScienceDirect
48	Rodríguez (2019)	Diseño y fabricación de una prensa electrohidráulica para el estampado de placas de vehículos.	Colombia	ScienceDirect
49	De Arequipa et al. (2021)	Reciclado del poli aluminio de envases Tetra Pak en la ciudad de Arequipa y determinación de propiedades fisicomecánicas	Perú	ScienceDirect
50	Beltrán-Ayala et al. (2021)	Método AHP de Saaty para determinar los factores del quantum indemnizatorio por daño inmaterial en materia penal en Ecuador	Ecuador	Scielo

Nota. Elaborado por autores.

Anexo C.

Matriz de consistencia.

Título del proyecto				
PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA FABRICACIÓN DE TECHOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.				
PROBLEMA General	OBJETIVO General	HIPÓTESIS General	VARIABLES	Técnicas /Instrumento
¿Cómo la creación de un prototipo automático, utilizando materiales reciclados de tetrapack, contribuye a la fabricación de techos ecológicos en la Unidad de Prácticas Industriales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena?	Diseñar un prototipo automático para la fabricación de techos ecológicos en la unidad de prácticas industriales facultad de ciencias de la ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena.	¿Qué impacto tiene la creación de un prototipo automático en la producción sostenible de techos ecológicos?	Variable Independiente Prototipo automático	Revisión documental Fuentes científicas indexadas
	Específicos	Hipotesis	Variable Dependiente Techos ecológicos	Técnicas /Instrumento
1. ¿De qué manera el análisis de estudios científicos sobre procesos de termocompresión de materiales reciclados permite establecer criterios de diseño aplicables al desarrollo de un prototipo automático?	OE1: Realizar un estado del arte, mediante una revisión de la literatura integrado con el modelo matemático del proceso jerárquico analítico (AHP), basado en estudios relevantes de procesos de termocompresión que permita la identificación de métodos y herramientas para el diseño del prototipo.	¿El análisis de estudios técnicos y científicos permite identificar metodologías efectivas para el diseño del prototipo?		Revisión documental Estado del arte Fuentes científicas indexadas
2. ¿Cómo se puede modelar un marco metodológico que guíe la selección de materiales, técnicas de producción y etapas de fabricación del prototipo automático?	OE2: Modelar el diseño del prototipo utilizando un marco metodológico que structure de manera secuencial las etapas del diseño y fabricación, desde la fase de requerimiento hasta sus pruebas finales.	¿La planificación metodológica garantiza la optimización del proceso de diseño y fabricación de techos ecológicos?		Diseño en CAD solidWorks Análisis de estructural SolidWorks
3. ¿Cómo se puede construir el prototipo automático cumpliendo de manera secuencial las etapas de diseño establecidas, para la fabricación de techos ecológicos?	OE3: Construir el prototipo automático mediante el cumplimiento de las fases del diseño y pruebas finales del funcionamiento en la fabricación de techos ecológicos.	¿La construcción del prototipo automático siguiendo las etapas de diseño definidas permite obtener un equipo funcional para la producción de techo ecológicos?		Observación directa Ensayos de funcionamiento Registro de tiempo de fabricación Validación de cumplimiento de las etapas

Nota. Elaborado por autores.

Anexo D.

Operacionalización de las variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Preguntas	Técnicas e Instrumentos
Variable independiente: Prototipo automático	Es un modelo estructurado de un sistema que integra mecanismos para ejecutar procesos y actividades de forma controlada, secuencial que permite representar mediante simulación y validar el comportamiento de un sistema real mediante análisis de procesos mediante programación sintáctico y utilizar la intervención humana. (Flores David, 2020).	Sistema diseñado para ejecutar tareas sin intervención humana directa, mediante componentes físicos y lógicos que les permiten detectar, decidir y actuar de forma autónoma. Su desempeño se evalúa según precisión, tiempo de respuesta y estabilidad en pruebas controladas.	D1: Temperatura de prensado: Grado de calor aplicado al material durante el ciclo del prensado (Guamán Brayan, 2024). D2: Presión ejercida: Fuerza por unidad de área del pistón hidráulico o mecánico aplicada (Coronel et al., 2023). D3: Tiempo de ciclo: Duración total del ciclo del prensado (calentamiento, prensado, enfriamiento)	I1: Temperatura máxima alcanzada (°C) medida por termopar.	¿Considera adecuado la temperatura máxima registrada por el termopar en el transcurso del ciclo de prensado? ¿Le parece adecuada la temperatura de estabilización del sistema previo al prensado?	Observación directa. Encuesta de satisfacción (Guía de encuesta).
				I2: Tasa de calentamiento (°C/min) calculada como $\Delta T / \Delta t$.	¿Considera eficiente el tiempo empleado para elevar la temperatura de 50°C a 150°C? ¿Qué tan eficiente fue el incremento promedio de temperatura por minuto hasta alcanzar la temperatura de procesamiento?	
				I3: Presión pico en la cámara de prensado (MPa) registrada por celda de carga	¿La presión máxima obtenida por la celda de carga es apropiada para garantizar la calidad del prensado? ¿Qué tan oportuno es el instante en que se alcanzó la presión máxima desde el inicio del ciclo?	
				I4: Uniformidad de presión (%) = $\frac{\text{Presión mínima}}{\text{Presión máxima}} * 100$	¿Ha mantenido estable la presión mínima registrada durante el prensado? ¿Qué tan uniforme considera la presión máxima medida en distintas zonas del molde?	
				I5: Duración total de prensado (minutos) registrado en el PLC	¿Se cumple de manera consistente el tiempo de ejecución del ciclo de prensado? ¿Considera oportuno el tiempo invertido solo en la fase de prensado?	
				I6: Tiempo de calentamiento	¿Es satisfactorio el tiempo requerido para alcanzar la temperatura de prensado? ¿Qué tan adecuada fue la espera entre alcanzar la temperatura y aplicar la presión?	

			(Romero M., 2021).	M. (min) desde inicio hasta temperatura objetivo	
			D4: Grado de automatización: nivel de intervención humana vs control automático (Ocando et al., 2019).	I7: Porcentaje de paso de operación de controlados por PLC vs manuales	¿Ha mejorado el proceso mediante las operaciones controladas por el PLC?
		¿El nivel de intervención manual necesario durante el ciclo es controlado?			
		¿Qué tan adecuada es la cantidad de acciones manuales realizadas por el operador?			
		¿Qué tan eficiente considera las correcciones manuales necesarias durante la operación?			
				I8: Número de intervenciones manuales por ciclo	

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Preguntas	Técnicas e Instrumentos
Variable dependiente (VD): Techos ecológicos	Los techos ecológicos son sistemas de cubiertas vegetales colocadas en las construcciones y contribuyen de manera	Son sistemas de cubiertas vegetales urbanas cuyos efectos y características se evaluarán mediante tres dimensiones	D1: Productividad: Es un proceso que integra insumos en bienes o servicios mediante recursos tecnológicos, humanos y materiales, agregándoles valor para su comercialización. (Álvet al., 2020).	I9: Producción efectiva (laminas / hora) contadas en ensayo de líneas. I10: Rendimiento (%) = (Piezas aceptadas / piezas totales) * 100.	¿Cuál es la capacidad actual de la producción horaria de láminas a medida que se ejecuta la operación continua?	Observación directa. Encuesta de satisfacción
					¿La producción diaria en jornadas de 8 horas cumple con los estándares de rendimiento?	
					¿Qué importancia atribuye al porcentaje de piezas que cumplieron criterios dimensionales y superficiales?	
					¿Qué tan crítica fue la cantidad de piezas descartadas por defectos?	
					¿Valora adecuada la resistencia del material al momento que se dobla bajo peso o presión?	

positiva al cambio climático y reducen el impacto ambiental. (López-González et al., 2020).	es claves: Producción, calidad, eficacia.	D2: Propiedades mecánicas Resistencia al deformarse con carga estática (López Rodríguez & Rojas González, 2018).	I11: Resistencia del material al doblarse sin romperse (flexión).	¿La flexibilidad del material previo a que presente fallas es apropiada para asegurar su resistencia?	(Guía de encuesta).
			I12: Comportamiento del material al estirarse o doblarse (rigidez).	¿Qué tan rígido es el material frente a esfuerzos mecánicos?	
				¿Qué tan uniforme es la rigidez del material en distintas pruebas?	
		D3: Desempeño térmico Capacidad de aislar o reflejar calor (Curiel Sánchez et al., 2021).	I13: Conductividad térmica del material .	¿La capacidad del material para aislar el calor es eficiente?	
				¿Qué aspectos considera satisfactorio al comportamiento térmico del material al ser prensado a distintas temperaturas?	
			I14: Reflectividad superficial del techo frente al sol (reflectividad y calentamiento).	¿Qué nivel de aceptabilidad fue la temperatura superficial luego de alcanzar 25 minutos de exposición solar?	
		¿Qué tan aceptable fue la resistencia del brillo superficial del techo ante la exposición prolongada al sol?			
		D4: Impacto Ambiental Reducción de emisiones de CO2 comparado con los techos convencionales (Yoner-Argusto et al., 2023).	I15: Emisiones de CO2 equivale a (kg CO2/m ²) calculadas por análisis de ciclo de vida.	¿Qué tan eficiente es el valor de CO ₂ equivalente (kg CO ₂ /m ²) asociado a la producción del techo?	
				¿Qué características cree esenciales que debe cumplir la máquina para mitigar el impacto ambiental?	
			I16: Consumo energético (kWh/m ²) registrado durante la producción.	¿Qué importancia le da al consumo energético por m ² de lámina generada?	
		¿La variación del consumo energético al mejorar el tiempo de calentamiento en un 10% es el adecuado?			

Anexo E.

Ficha técnica del instrumento.

Ficha Técnica del instrumento			
1	Técnica	Entrevista semiestructurada presencial o en línea	
2	Nombre del Instrumento	Guía de entrevista en base en las Dimensiones del prototipo automático	
3	Autores	Villon Ramírez Evelyn Carolina- Clemente Gonzalez Alex Mauricio	
4	Fecha	2025	
5	Objetivo	Evaluar la pertinencia de las preguntas y claridad de las preguntas diseñadas para medir la eficiencia operativa, calidad estructural y desempeño del prototipo automático para la fabricación de techos ecológicos, mediante la opinión de docentes de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena	
6	Dirigido	Docentes Expertos de la Carrera Ingeniería Industrial. Universidad Estatal Península de Santa Elena	
7	Administración	Ingeniería	
8	Aplicación	Directa	
9	Duración	15-20 minutos.	
10	Tipo de Ítems	Enunciados	
11	N° de Ítems	24	
12	Distribución	Dimensiones: D1: Temperatura de prensado (3 ítems) D2: Presión ejercida (3 ítems) D3: Tiempo de ciclo (3 ítems) D4: Grado de automatización (3 ítems) D5: Productividad (3 ítems) D6: Propiedades mecánicas (3 ítems) D7: desempeño térmico (3 ítems) D8: Impacto ambiental (3 ítems)	
13	Escala valorativa	Escala de Likert Ineficiente Poco aceptable Regular Aceptable Eficiente	Valor 1 2 3 4 5
14	Nivel	Valor	Intervalo
	Bajo	1	20-33
	Medio	2	34-47
	Alto	3	48-60

Nota. Elaborado por autores.

Anexo F.

Evidencia de validación de primer boceto inicial.

	Universidad Estatal Península de Santa Elena Facultad Ciencias de la Ingeniería Carrera Ingeniería Industrial	
Asunto: Validación de expertos		
Opinión: Yo <u>Alexandro Co Veliz Aguayo</u> , con C. I. <u>0908182280</u> requerido por los estudiantes de Ingeniería Industrial, <u>Villón Ramírez Evelyn Carolina</u> con C. I. <u>2450331653</u> y <u>Clemente González Alex Mauricio</u> con C.I. <u>0921986733</u> , para evaluar la pertinencia técnica de las preguntas contenidas en esta guía de encuesta, con los ejes temáticos de funcionamiento, fabricación, seguridad y sostenibilidad, para determinar los requerimientos del diseño del prototipo automático para la fabricación de techos ecológicos.		
 Firma:		
Tema		
Prototipo automático para fabricación de techos ecológicos en la Unidad de Prácticas Industriales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena		
		
ITEMS FUNCIONALES Y DISFUNCIONALES	ESCALA	Respuesta del experto
	1. Ineficiente 2. Poco aceptable 3. Regular 4. Aceptable 5. Eficiente	

1	¿Considera adecuado el mecanismo propuesto de sujeción de los ejes al momento de subir el molde móvil?	1	2	3	4	5	
2	¿Qué tan probable considera que el sistema de sujeción falle, causando desajuste del molde móvil?	1	2	3	4	5	
3	¿La gata hidráulica propuesta es capaz de generar presión de forma eficiente?	1	2	3	4	5	
4	¿La gata hidráulica propuesta presenta movimientos bruscos?	1	2	3	4	5	
5	¿Cree que el diseño del molde fijo permita una alineación estable del molde móvil?	1	2	3	4	5	
6	¿Qué tan probable es que el molde fijo sufra deformaciones por el calor o presión?	1	2	3	4	5	
7	¿Es satisfactorio el mecanismo para liberar el molde móvil después del prensado?	1	2	3	4	5	
8	¿Al liberar el molde móvil después del prensado es probable que se atasque?	1	2	3	4	5	
9	¿Piensa que las resistencias eléctricas pueden calentar el molde de forma eficiente?	1	2	3	4	5	
10	¿Crees que las resistencias eléctricas fallen durante el ciclo?	1	2	3	4	5	
11	¿Considera que la cubierta realizada en el diseño garantiza una adecuada protección contra el calor?	1	2	3	4	5	Diseñar un mecanismo de liberación de vapor
12	¿Qué tan probable es que la cubierta superior no proporcione el aislamiento necesario?	1	2	3	4	5	
13	¿Estima incluir el diseño del circuito eléctrico para garantizar un ciclo controlado apropiado?	1	2	3	4	5	
14	¿Cómo calificaría el diseño circuito de circuito eléctrico presente fallos por sobrecargas?	1	2	3	4	5	

ESCALA CROMATICA ORDINAL	
1	Ineficiente
2	Poco aceptable
3	Regular
4	Aceptable
5	Eficiente

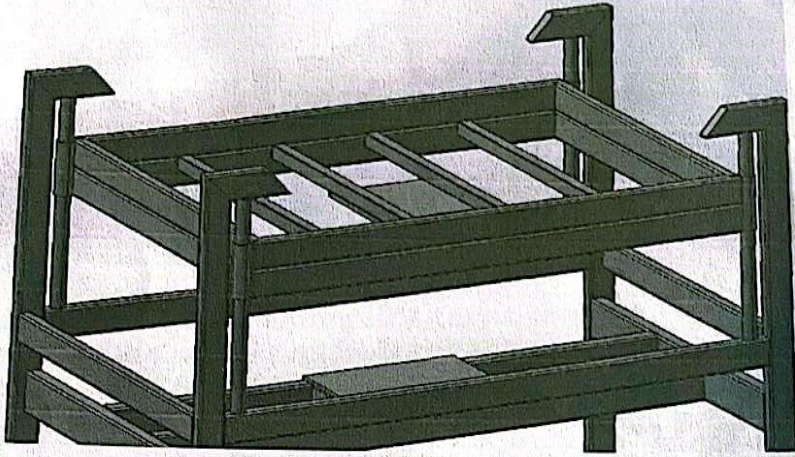
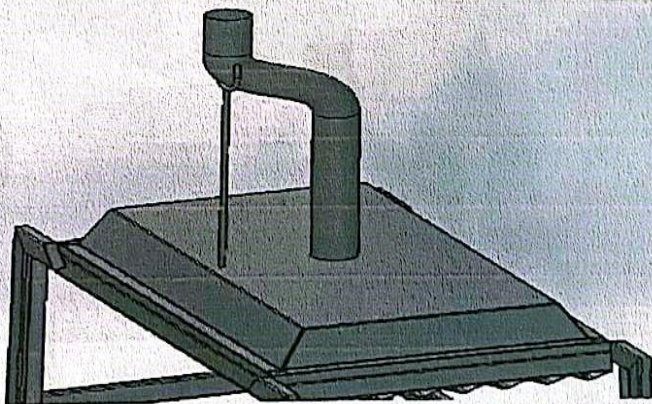
DATOS DEL EXPERTO	
Número de cédula	090818228 @
Profesión	Ing. Mec.
Experiencia	30+
Código ORCID	
Correo Institucional	a.val3@upse.edu.ec
Número de teléfono	0996866782
Fecha de validación	4/5/2025

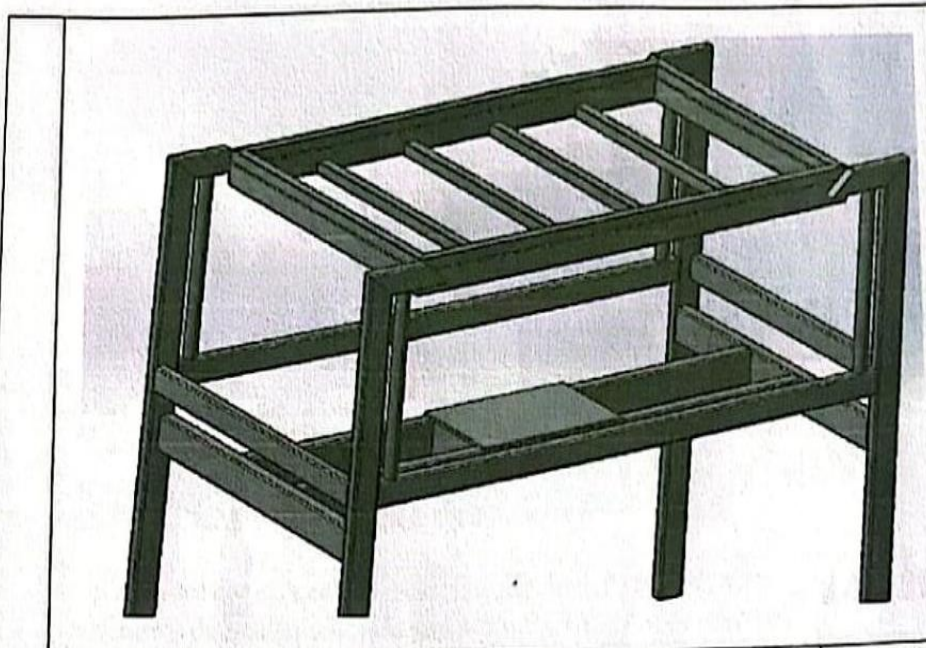
Nota. Validación de cuestionario del experto.

Anexo G.

Evidencia de validación de expertos segundo boceto.

	<p style="text-align: center;">Universidad Estatal Península de Santa Elena Facultad Ciencias de la Ingeniería Carrera Ingeniería Industrial</p>	
Asunto: Validación de expertos		
<p>Opinión: Yo <u>Bermeo García Marco Vinicio</u> con C. I. <u>4707326813</u>, requerido por los estudiantes de Ingeniería Industrial, <u>Villón Ramírez Evelyn Carolina</u> con C. I. <u>2450331653</u> y <u>Clemente González Alex Mauricio</u> con C.I. <u>0921986733</u>, para poder evaluar las características técnicas del diseño del prototipo automático para fabricación de techos ecológicos en la Unidades de Prácticas Industriales</p>		
		
Firma:		
Tema:		
Prototipo automático para fabricación de techos ecológicos en la Unidad de Prácticas Industriales, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena		
Propuesta del diseño		
		

N°	Preguntas Funcionales y Disfuncionales	Respuesta
	¿Como calificaría el desempeño del sistema de guías de sujeción del molde móvil acoplada en la transmisión de presión vertical ascendente?	5
	¿Qué tan frecuentemente el sistema de guías de sujeción del molde móvil presenta problemas para transmitir adecuadamente la presión vertical ascendente?	2
1		
	¿Considera que el diseño del sistema de escape y termocupla del prototipo de prensa hidráulica para la fabricación de techos ecológicos es adecuado para garantizar una distribución uniforme del calor y un monitoreo preciso de la temperatura durante el proceso de prensado?	5
	¿Con qué frecuencia el sistema de escape y termocupla del prototipo presenta problemas de distribución de calor o errores de medición de temperatura?	2
2		
	¿Cómo valora la eficiencia de la distribución de cargas y esfuerzos de cada estación de la estructura del prototipo?	5
3	¿Qué tan común es que el sistema de distribución de cargas del prototipo presente puntos débiles que puedan comprometer su estabilidad estructural?	1



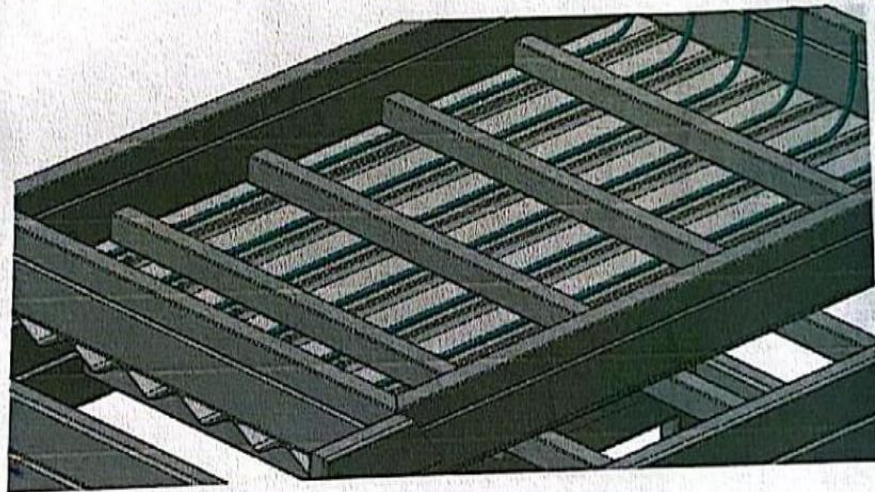
¿Piensa que colocar un sistema de calentamiento de resistencias eléctricas para el prototipo automático sea apropiado?

5

¿Qué tan probable es que el sistema de resistencias eléctricas del prototipo consuma más energía de lo esperado o presente problemas de calentamiento?

2

4

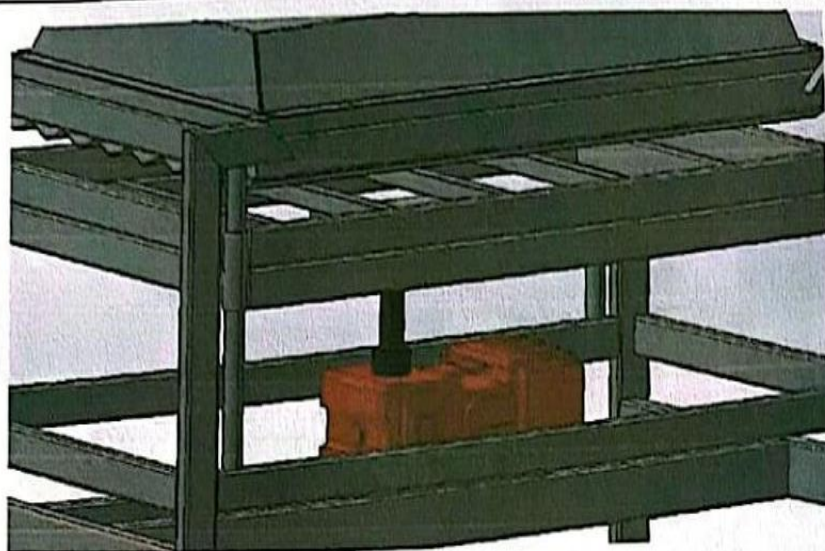


¿Piensa que es fundamental la incorporación de un sistema de gata hidráulica eléctrica de 5 toneladas que actúe desde la parte inferior para ejercer presión ascendente sobre el molde fijo superior?

5

¿Qué tan frecuente es que la gata hidráulica eléctrica de 5 toneladas falle al aplicar la presión necesaria para el prensado?

2



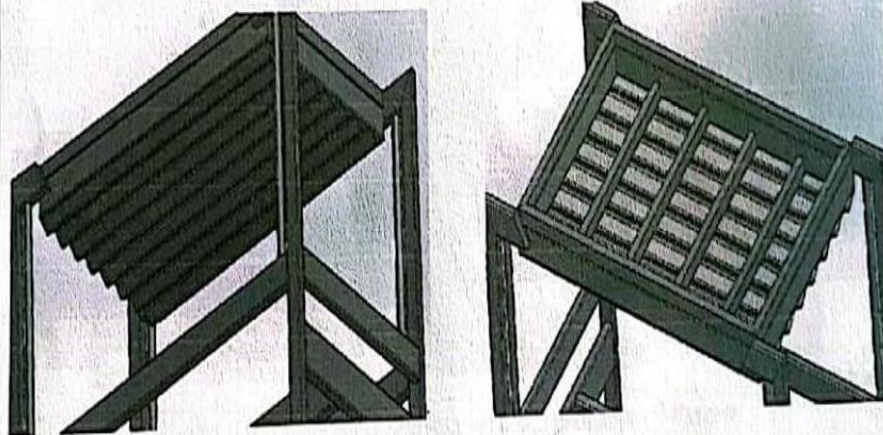
¿Cree usted que el diseño del molde fijo, fabricada con tubos de acero galvanizado de 2mm, es adecuado para soportar la capacidad de resistencia a la presión requerida?

5

¿Qué tan probable es que los tubos de acero galvanizado de 2 mm del molde fijo se deformen bajo presión?

2

6



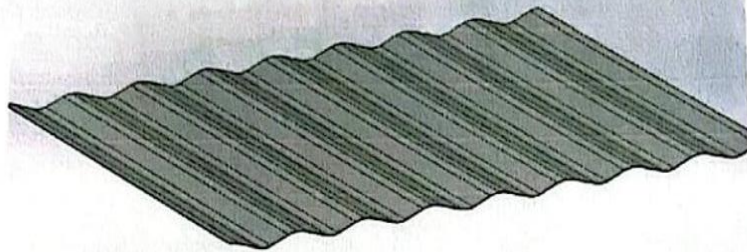
¿Considera que el diseño del molde con perfil de ondas de acero galvanizado cumple con los parámetros de eficiencia requeridos en cuanto a la resistencia y durabilidad y rendimiento?

5

7

¿Qué tan probable es que el diseño del molde con perfil de ondas se deteriore rápidamente bajo uso continuo?

3



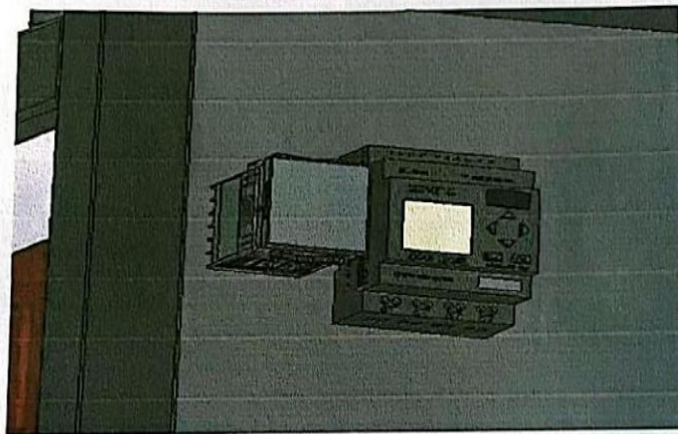
¿Considera que el sistema de control automático basado en el PLC Siemens LOGO! V8 es adecuado para gestionar eficientemente las funciones de temperatura, presión y tiempo en el prototipo de prensa hidráulica para techos ecológicos?

5

¿Qué tan frecuente es que el PLC Siemens LOGO! V8 del prototipo presente fallos en la gestión de temperatura, presión y tiempo?

2

8



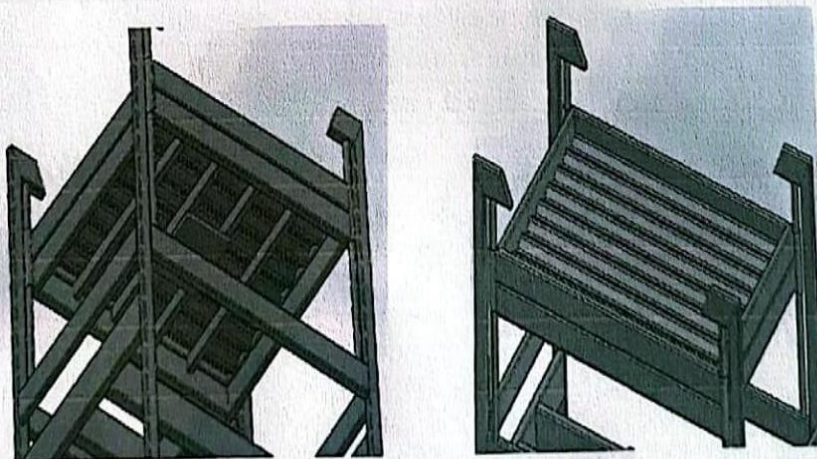
¿Cree que el diseño del molde de la prensa móvil del prototipo elaborado con tubos cuadrados de acero galvanizado de 2 mm, es lo suficientemente estable para distribuir adecuadamente la gata hidráulica?

5

¿Qué tan probable es que el diseño del molde móvil, fabricado con tubos cuadrados de acero galvanizado de 2 mm, se deforme bajo carga?

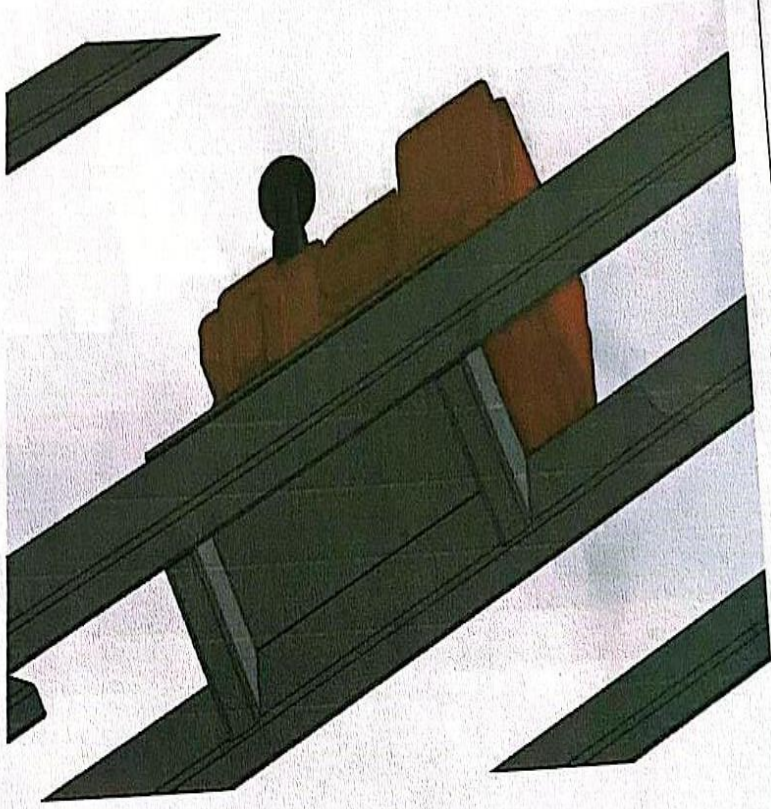
2

9



¿Considera apropiado utilizar el tubo de acero galvanizado de 3 mm para la sujeción de la gata hidráulica?	5
¿Qué tan probable es que el tubo de acero galvanizado de 3 mm utilizado para la sujeción de la gata hidráulica presente problemas estructurales durante el prensado?	2

10



ESCALA CROMÁTICA ORDINAL	
1	Ineficiente
2	Poco aceptable
3	Regular
4	Aceptable
5	Eficiente

DATOS DEL EXPERTO	
Número de Cédula	1707326813
Profesión	ING. INDUSTRIAL
Experiencia	20 AÑOS
Correo Institucional	mbarneo@upsc.edu.ec
Número de teléfono	0985033821
Fecha de validación	14 MAYO 2025.

Nota. Evidencia de validación de diseño a expertos.

Anexo H.

Evidencia de validación de cuestionario.

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL CUESTIONARIO																				
Título: PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA FABRICACIÓN DE TECHOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA																				
Indicadores	Criterios																			
	Ineficiente					Poco aceptable					Regular		Aceptable		Eficiente					
	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
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Aspectos de Validación																				
I1: Temperatura máxima alcanzada (°C) medida por termopar	¿Considera adecuado la temperatura máxima registrada por el termopar en el transcurso del ciclo de prensado?																			
	¿Le parece adecuada la temperatura de estabilización del sistema previo al prensado?																			
I2: Tasa de calentamiento (°C/min) calculada como $\Delta T/\Delta t$.	¿Considera eficiente el tiempo empleado para elevar la temperatura de 50°C a 150°C?																			
	¿La presión máxima obtenida por la celda de carga es apropiada para garantizar la calidad del prensado?																			
I3: Presión pico en la cámara de prensado (MPa) registrada por celda de carga	¿Qué tan oportuno es el instante en que se alcanzó la presión máxima desde el inicio del ciclo?																			
	¿Ha mantenido estable la presión mínima registrada durante el prensado?																			
I4: Uniformidad de presión (%) = $\frac{\text{Presión mínima}}{\text{Presión máxima}} * 100$	¿Se cumple de manera consistente el tiempo de ejecución del ciclo de prensado?																			
	¿Considera oportuno el tiempo invertido solo en la fase de prensado?																			
I5: Duración total de prensado (minutos) registrado en el PLC	¿Es satisfactorio el tiempo requerido para alcanzar la temperatura de prensado?																			
	¿Ha mejorado el proceso mediante las operaciones controladas por el PLC?																			
I6: Tiempo de calentamiento (min) desde inicio hasta temperatura objetivo	¿El nivel de intervención manual necesario durante el ciclo es controlado?																			
	¿Qué tan adecuada es la cantidad de acciones manuales realizadas por el operador?																			
I7: Porcentaje de paso de operación controlados por PLC vs manuales	¿Cuál es la capacidad actual de la producción horaria de láminas a medida que se ejecuta la operación continua?																			
	¿La producción diaria en jornadas de 8 horas cumple con los estándares de rendimiento?																			
I8: Número de intervenciones manuales por ciclo																				
I9: Producción efectiva (láminas / hora) contadas en ensayo de líneas																				

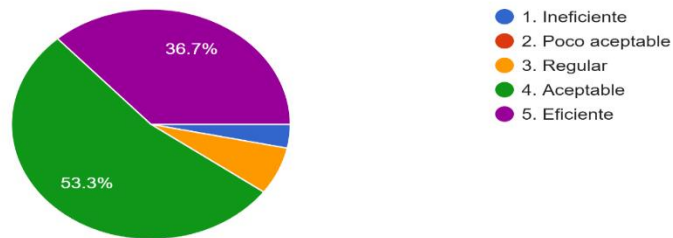
Anexo I.

Formulario de encuesta aplicado en Google Forms.

Pregunta 1: ¿Considera adecuado la temperatura máxima registrada por el termopar en el transcurso del ciclo de prensado?

Gráfico 13: Ponderación de datos- Pregunta 1.

30 respuestas

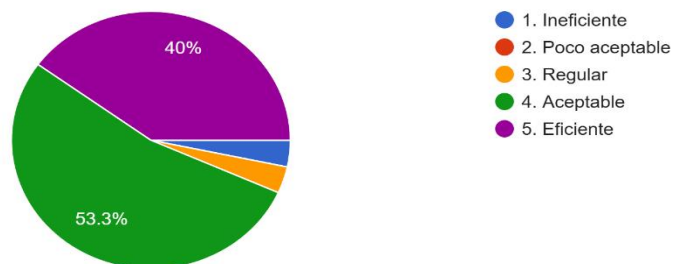


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 2: ¿Le parece adecuada la temperatura de estabilización del sistema previo al prensado?

Gráfico 14: Ponderación de datos- Pregunta 2.

30 respuestas

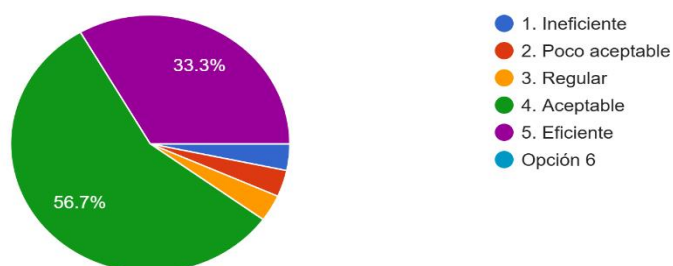


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 3: ¿Considera eficiente el tiempo empleado para elevar la temperatura de 50°C a 150°C?

Gráfico 15: Ponderación de datos- Pregunta 3.

30 respuestas

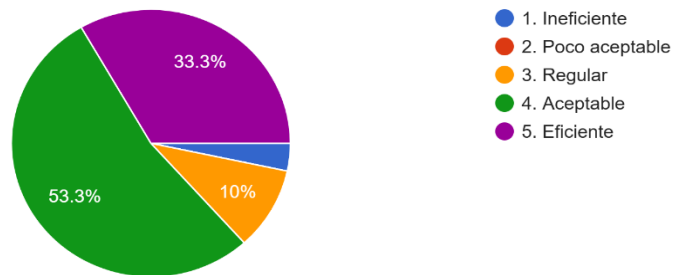


Nota: Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 4: ¿La presión máxima obtenida por la celda de carga es apropiada para garantizar la calidad del prensado?

Gráfico 16: Ponderación de datos- Pregunta 4.

30 respuestas

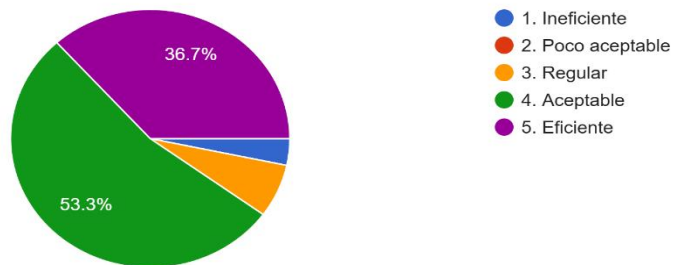


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 5: ¿Qué tan oportuno es el instante en que se alcanzó la presión máxima desde el inicio del ciclo?

Gráfico 17: Ponderación de datos- Pregunta 5.

30 respuestas

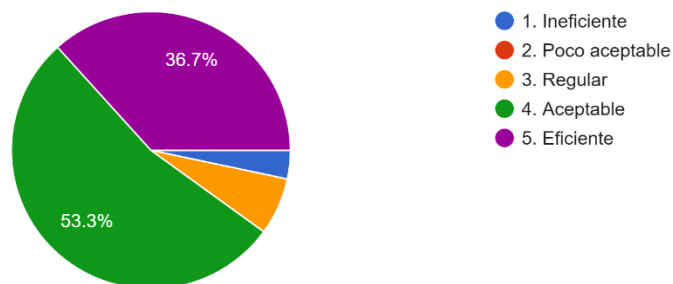


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 6: ¿Ha mantenido estable la presión mínima registrada durante el prensado?

Gráfico 18: Ponderación de datos- Pregunta 6.

30 respuestas

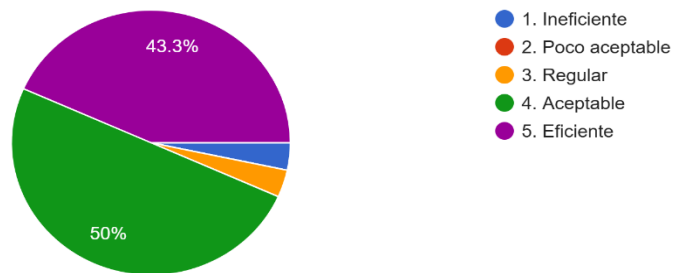


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 7: ¿Se cumple de manera consistente el tiempo de ejecución del ciclo de prensado?

Gráfico 19: Ponderación de datos- Pregunta 7.

30 respuestas

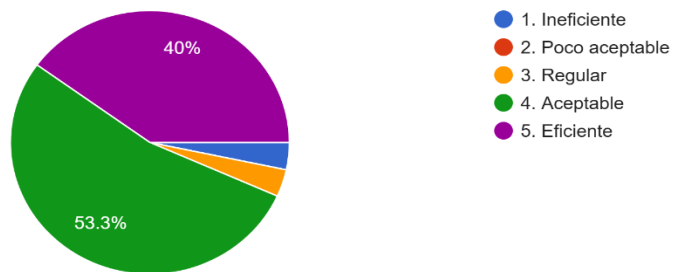


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 8: ¿Considera oportuno el tiempo invertido solo en la fase de prensado?

Gráfico 20: Ponderación de datos- Pregunta 8.

30 respuestas

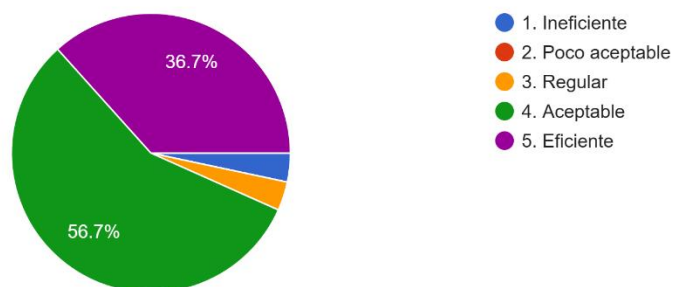


Nota: Elaborado por el autor, aplicado en Google Forms

Pregunta 9: ¿Es satisfactorio el tiempo requerido para alcanzar la temperatura de prensado?

Gráfico 21: Ponderación de datos- Pregunta 9.

30 respuestas

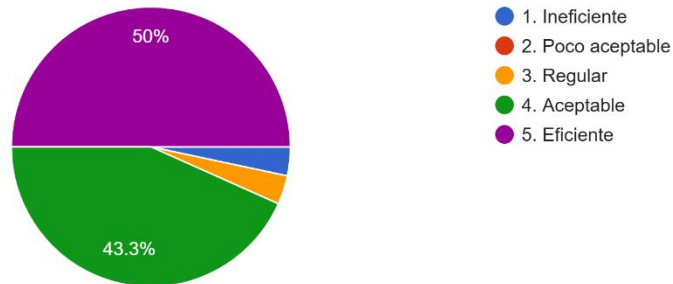


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 10: ¿Ha mejorado el proceso mediante las operaciones controladas por el PLC?

Gráfico 22: Ponderación de datos- Pregunta 10.

30 respuestas

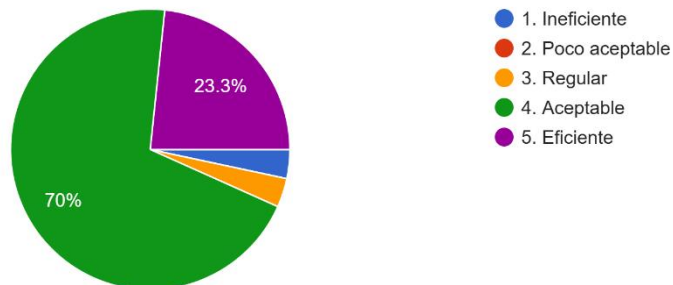


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 11: ¿El nivel de intervención manual necesario durante el ciclo es controlado?

Gráfico 23: Ponderación de datos- Pregunta 11.

30 respuestas

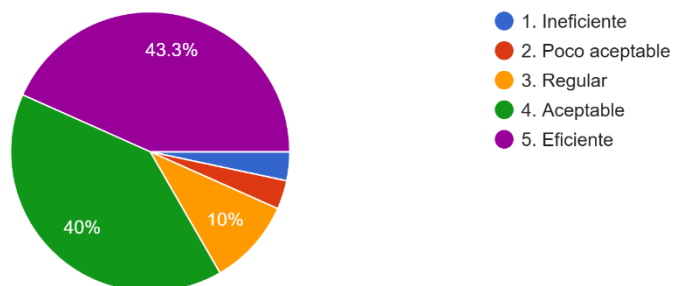


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 12: ¿Qué tan adecuada es la cantidad de acciones manuales realizadas por el operador?

Gráfico 24: Ponderación de datos- Pregunta 12.

30 respuestas

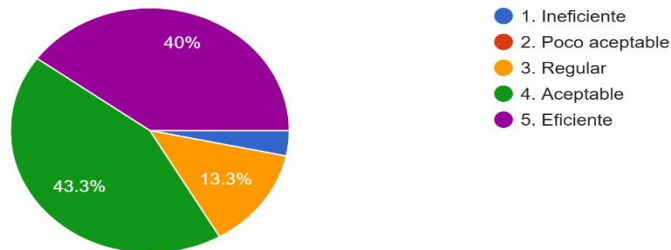


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 13: ¿Cuál es la capacidad actual de la producción horaria de láminas a medida que se ejecuta la operación continua?

Gráfico 25: Ponderación de datos- Pregunta 13.

30 respuestas

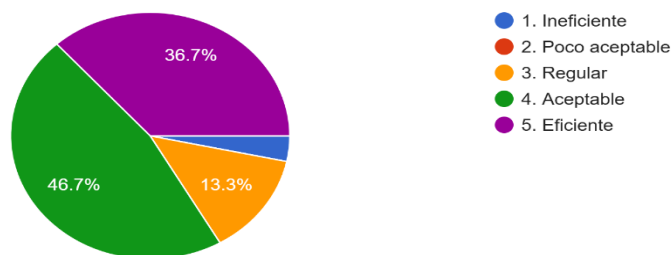


Nota: Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 14: ¿La producción diaria en jornadas de 8 horas cumple con los estándares de rendimiento?

Gráfico 26: Ponderación de datos- Pregunta 14.

30 respuestas

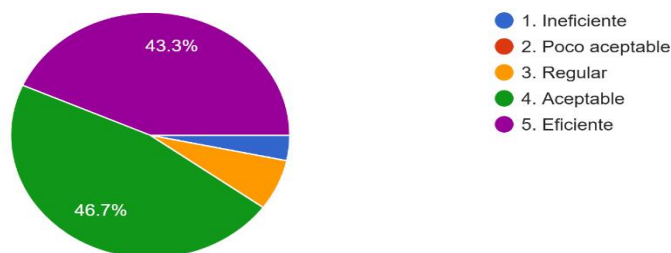


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 15: ¿Qué importancia atribuye al porcentaje de piezas que cumplieron criterios dimensionales y superficiales?

Gráfico 27: Ponderación de datos- Pregunta 15.

30 respuestas

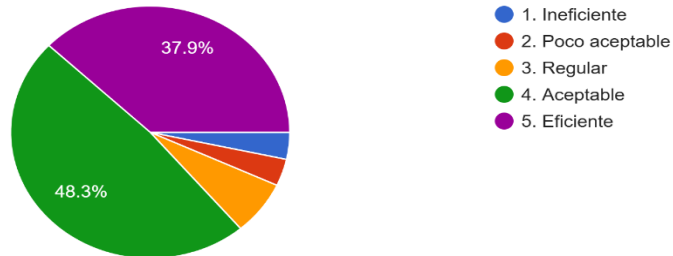


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 16: ¿Valora adecuada la resistencia del material al momento que se dobla bajo peso o presión?

Gráfico 28: Ponderación de datos- Pregunta 16.

29 respuestas

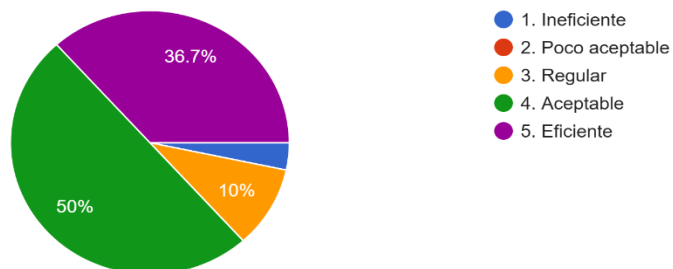


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 17: ¿La flexibilidad del material previo a que presente fallas es apropiada para asegurar su resistencia?

Gráfico 29: Ponderación de datos- Pregunta 17.

30 respuestas

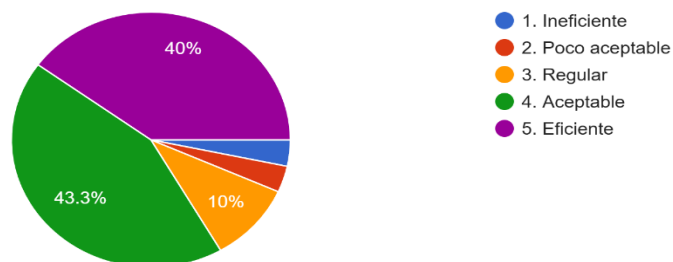


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 18: ¿Qué tan rígido es el material frente a esfuerzos mecánicos?

Gráfico 30: Ponderación de datos- Pregunta 18.

30 respuestas

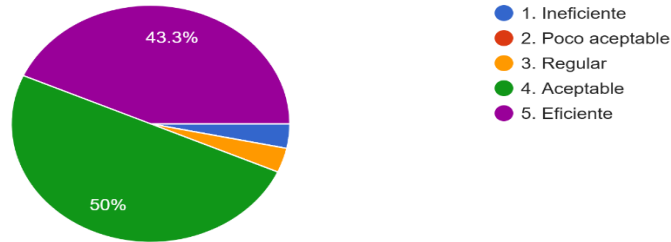


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 19: ¿La capacidad del material para aislar el calor es eficiente?

Gráfico 31: Ponderación de datos- Pregunta 19.

30 respuestas

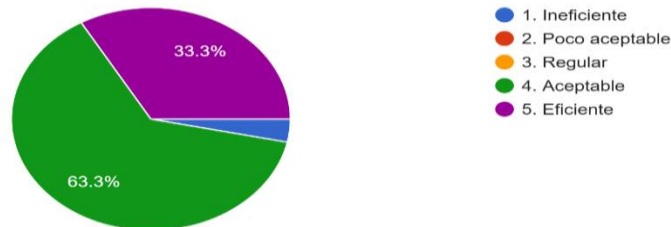


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 20: ¿Qué aspectos considera satisfactorio al comportamiento térmico del material al ser prensado a distintas temperaturas?

Gráfico 32: Ponderación de datos- Pregunta 20.

30 respuestas

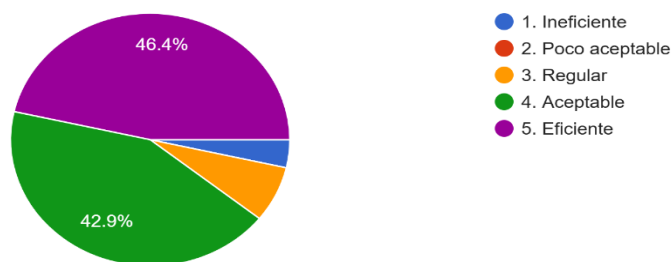


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 21: ¿Qué nivel de aceptabilidad fue la temperatura superficial luego de alcanzar 25 minutos de exposición solar?

Gráfico 33: Ponderación de datos- Pregunta 21.

28 respuestas

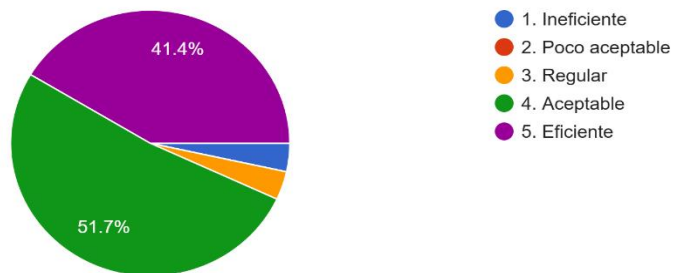


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 22: ¿Qué características cree esenciales que debe cumplir la máquina para mitigar el impacto ambiental?

Gráfico 34: Ponderación de datos- Pregunta 22.

29 respuestas

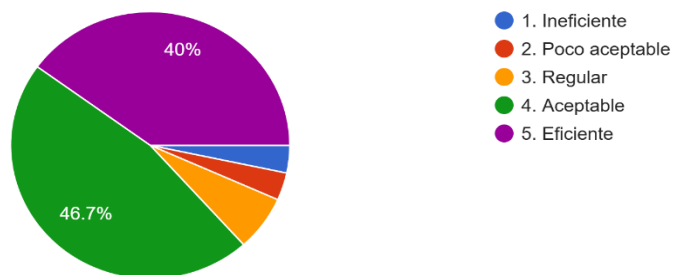


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 23: ¿Qué importancia le da al consumo energético por m² de lámina generada?

Gráfico 35: Ponderación de datos- Pregunta 23.

30 respuestas

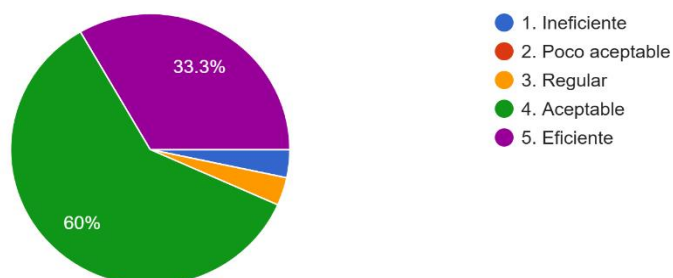


Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Pregunta 24: ¿La variación del consumo energético al mejorar el tiempo de calentamiento en un 10% es el adecuado?

Gráfico 36: Ponderación de datos- Pregunta 24.

30 respuestas



Nota. Elaborado por los autores, aplicado en Google Forms.

Anexo J.

Estadísticas de fiabilidad y correlaciones.

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

	N	%
Casos Válido	30	100,0
Excluido ^a	0	,0
Total	30	100,0

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

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,997	24

Nota. Analizado en el software SPSS 30.

Anexo K.

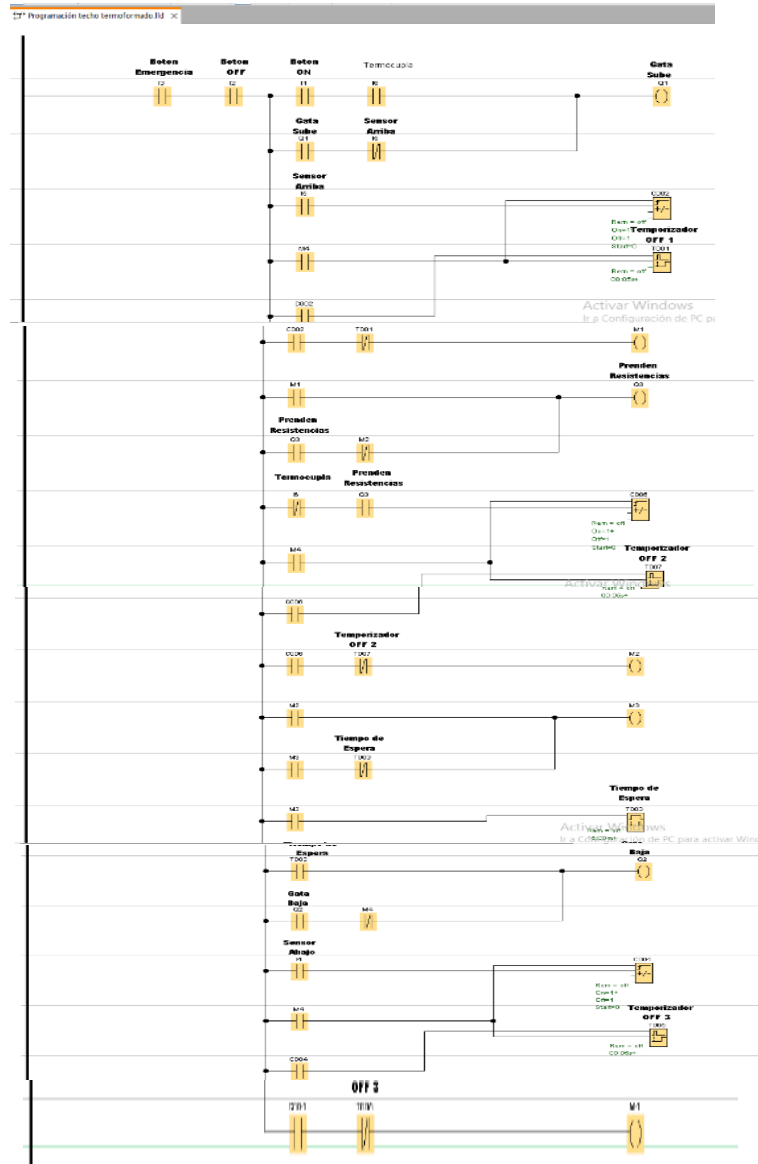
Ficha técnica del prototipo automático.

		FICHA TÉCNICA DE PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA FABRICACIÓN DE TECHOS ECOLÓGICOS					
ELABORADO POR:		Villón Ramírez Evelyn Carolina Clemente González Alex Mauricio		FECHA:		28/5/2025	
MÁQUINA-EQUIPO		Prensa Hidráulica automática ecológica		UBICACIÓN		Unidad de prácticas Industriales	
FABRICANTES		Villón Ramírez Evelyn Carolina Clemente Gonzalez Alex Mauricio		SECCIÓN		Prototipo/Automatización	
MODELO		PROT-2025		CÓDIGO		001	
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO	125 kg aprox.	ALTURA	1.30m	ALTURA	0.90 m	LARGO	1.10 m
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				FOTO DEL PROTOTIPO AUTOMÁTICO			
<p>Tensión de alimentación: 220 v Capacidad máxima del sistema hidráulico: 1 tonelada de presión Sistema de calentamiento: 8 niquelinas de 220 V / 1100 W c/u Controlador: PLC Siemens LOGO! V8 Temperatura máxima de trabajo: 265 °C Dimensiones de la matriz: 1.00 m x 0.60m (lámina ondulada) Sistema de chimenea: Tubo Flexible de Aluminio Potencia nominal: 39,1 W Estructura: Tubo cuadrado y rectangular galvanizado A36 Capacidad gata hidráulica: 5 Toneladas</p>				 			
<p>FUNCION DEL PROTOTIPO AUTOMÁTICO 1.- Ciclo térmico y prensado automatizado: El sistema activa resistencias eléctricas de 220 V que elevan la temperatura del molde superior hasta 265 °C. El PLC controla el calentamiento y acciona la gata hidráulica de 5 toneladas para comprimir el material reciclado entre los moldes. 2.- Desmoldeo, seguridad y uso de EPPs: Finalizado el ciclo, el molde móvil desciende automáticamente, permitiendo retirar el producto. Para operar el prototipo es obligatorio el uso de EPPs como guantes térmicos, gafas de seguridad y ropa de protección, debido a la alta temperatura y posibles emisiones de vapor. La cubierta superior con chimenea mejora la disipación del calor, y el panel de control asegura una operación segura y automatizada</p>							

Nota. Elaborado por los autores.

Anexo L.

Programación Ladder.



Nota. Elaborado por los autores en el software LOGO Soft Confort.

Anexo M.

Ficha técnica controlador de temperatura.


CONTROLADOR DE TEMPERATURA REX C-100	
Tipo de control	PID (Proporcional – Integral – Derivativo), ON/OFF, Auto-Tune
Alimentación	100 – 240 V AC (50/60 Hz)
Sensor compatible	Termocupla tipo K (-50 °C a 1300 °C) o RTD PT100
Rango de medición típico	0 °C a 400 °C (depende de configuración y sensor usado)
Indicador PV (rojo)	PV (Process Value) – Muestra la temperatura real medida por el sensor
Indicador SV (verde)	SV (Set Value) – Temperatura deseada o programada



Nota. Elaborado por los autores.

Anexo N.

Ficha técnica de la gata hidráulica.

<p>4) Application Method</p> <p>(1) Stop the car, tension the car brake.</p> <p>(2) Check the switch whether it is to the close position, it should be to "O" state, if no, please do it so first, then connect the power plug into the car cigarette lighter.</p> <p>(3) Put the jack in the side of car tyre, and ensure the centre of Pressure Rod to align the loading part of automobile chassis, then rotate the adjusting screw to make it close to the automobile chassis as far as possible.</p> <p>(4) Adjust the direction switch to "△" then the jack will start to work, till the distance between the car tyre and the floor is about 5cm, reset the power switch while the power is disconnected, the machine would lock automatically and wouldn't fall.</p> <p>(5) After changing the tyre, adjust the direction switch to "▽"; the jack would start to fall in constant speed.</p>	<p>5) Specification</p> <table border="1"> <tr><td>Input Voltage</td><td>DC 12V</td></tr> <tr><td>Rated Power</td><td>180 W</td></tr> <tr><td>Rated Current</td><td>15A</td></tr> <tr><td>Fuse</td><td>15A</td></tr> <tr><td>Length of Power Cable</td><td>4 m</td></tr> <tr><td>Max. Loading Car Weight</td><td>5.0T</td></tr> <tr><td>Height Range</td><td>A:135-360mm B:155-450mm C:185-450/235-530mm</td></tr> <tr><td>Working Temperature</td><td>-15-50 °C</td></tr> <tr><td>Jack size</td><td>320*130*130mm</td></tr> <tr><td>Weight</td><td>4KS/4 28KS/5,08KS</td></tr> </table> <p>6), Fault Diagnosis</p> <p>1. Jack couldn't work</p> <p>a). Check whether turning on the auto power.</p> <p>b). The pilot lamp for the cigarette lighter plug is on or not, if not, please re-connect the plug; if re-connecting it, still no lighting, please check whether the inside fuse of the cigarette lighter plug is destroyed.</p> <p>c). Whether the plug for the power cable of jack is loosen with the jack or falling off.</p> <p>The socket is no electric or loosen, or check the cable, please connect the power correctly; Check the plug of cigarette lighter, whether the fuse is destroyed, if it is destroyed, pls replace it, then try again.</p>	Input Voltage	DC 12V	Rated Power	180 W	Rated Current	15A	Fuse	15A	Length of Power Cable	4 m	Max. Loading Car Weight	5.0T	Height Range	A:135-360mm B:155-450mm C:185-450/235-530mm	Working Temperature	-15-50 °C	Jack size	320*130*130mm	Weight	4KS/4 28KS/5,08KS	<p>ELECTRIC HYDRAULIC JACK ▶ INSTRUCTION MANUAL</p>  <p>THANK YOU FOR PURCHASING OUR PRODUCTS AND PLEASE READ THIS MANUAL CAREFULLY BEFORE USING</p>
Input Voltage	DC 12V																					
Rated Power	180 W																					
Rated Current	15A																					
Fuse	15A																					
Length of Power Cable	4 m																					
Max. Loading Car Weight	5.0T																					
Height Range	A:135-360mm B:155-450mm C:185-450/235-530mm																					
Working Temperature	-15-50 °C																					
Jack size	320*130*130mm																					
Weight	4KS/4 28KS/5,08KS																					

Nota. Características de la gata hidráulica de 5 toneladas.

Anexo O.

Características de acero A-36.

Ficha técnica 1, composición química del acero A36

Composición química (% , ±) para formas						
Acero	Carbono	Silicio	Manganeso	Fósforo	Azufre	Cobre
ASTM A36	0.26	0.40	NO REQUIERE	0.04	0.05	0.20

Propiedades Mecánicas del Acero A36

Propiedades Mecánicas		Notas
Resistencia a la Tracción MPa (ksi)	400-500 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
Limite elástico (Esfuerzo de fluencia), MPa(ksi)	250 (36)	Espesor ≤ 200mm (8pulg.)
	220 (32)	Espesor de placas de acero > 200mm (8 pulg.)
Elongación, %, ≥	20	Placas y barras en 200mm (8pulg.)
	23	Placas y barras en 50mm (2 pulg.)
Dureza Brinell, HBW	119-162	Basado en la conversación de la resistencia a la tracción.
Módulo de elasticidad, GPa (ksi)	200 29	-

Nota. Características del acero A36.

Anexo P.

Características del PLC Siemens LOGO.



LOGO! 12/24RCE, logic module, display PS/I/O: 12/24VDC/relay, 8 DI (4 AI)/4 DO, memory 400 blocks, modular expandable, Ethernet, integrated web server, data log, user-defined web pages, standard microSD card for LOGO! Soft Comfort V8.3 or higher, older projects executable cloud connection in all LOGO! 8.3 basic units

Figure similar

Display	
with display	Yes
Installation type/mounting	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 12 V DC	Yes
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	10.8 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Time of day	
Time switching clocks	
• Number	400; Max. 400, function-specific
• Power reserve	480 h
Digital inputs	
Number of digital inputs	8; Of which 4 can be used in analog mode (0 to 10 V)
Digital outputs	
Number of digital outputs	4; Relays
Short-circuit protection	No; external fusing necessary
Output current	
• for signal "1" permissible range for 0 to 55 °C, max.	10 A
Relay outputs	
Switching capacity of contacts	
— with inductive load, max.	3 A
— with resistive load, max.	10 A

Nota. Características del PLC.

Anexo Q.

Plano de resultado de techo de polialuminio.

VISTA DE PLANTA

80,00
50,00

VISTA FRONTAL

R1,60
2,28
50,00
0,40

VISTA LATERAL

80,00
1,68

VISTA ISOMETRICA

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL		Datos:	Nombre:	Fecha:	Firma:
		Dibujó:	Clemente Gonzalez & Villón Ramirez	09/03/25	
DISEÑO DE TECHO DE POLIALUMINIO		Revisó:	Ing. Edison Buenaño	09/03/25	
		Aprobó:	Ing. Edison Buenaño	24/04/25	
Escala: INDICADA	Sistema: cm	Tolerancia:	Peso: No aplica	Material: Acero A36 GAL	N° 07

Nota. Elaborado por los autores en software SolidWorks.