



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ADAPTACIÓN DE TORNO CON ROUTER INCORPORADO,
PARA OPTIMIZAR EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADUA, EN
LA UPSE”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR (ES):

CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO

POZO POZO MARLON PAUL

TUTOR:

ING. MARCO BERMEO GARCÍA, MGTR.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2026

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

**“ADAPTACIÓN DE TORNO CON ROUTER INCORPORADO,
PARA OPTIMIZAR EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADUA,
EN LA UPSE”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR(ES):

CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO

POZO POZO MARLON PAUL

TUTOR:

ING. MARCO BERMEO GARCÍA, MGTR.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2026

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por
CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO Y POZO POZO MARLON
PAÚL, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**.

TUTOR

f. 

ING. MARCO BERMEO GARCÍA, MGTR.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. 

ING. ISABEL DEL ROCÍO BALÓN RAMOS, MSC.

La Libertad, a los 11 días del mes de agosto del año 2026.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación **“ADAPTACIÓN DE TORNO CON ROUTER INCORPORADO, PARA OPTIMIZAR EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADUA, EN LA UPSE.”**, elaborado por los Sres. **CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO Y POZO POZO MARLON PAÚL**, 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. MARCO BERMEO GARCÍA, MGTR.

La Libertad, a los 11 días del mes de agosto del año 2026.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO Y POZO POZO MARLON PAÚL**.

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **“ADAPTACIÓN DE TORNO CON ROUTER INCORPORADO, PARA OPTIMIZAR EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADUA, EN LA UPSE.”**, 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 11 días del mes de agosto del año 2026.

AUTOR (ES)

f. 

CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO

f. 

POZO POZO MARLON PAÚL

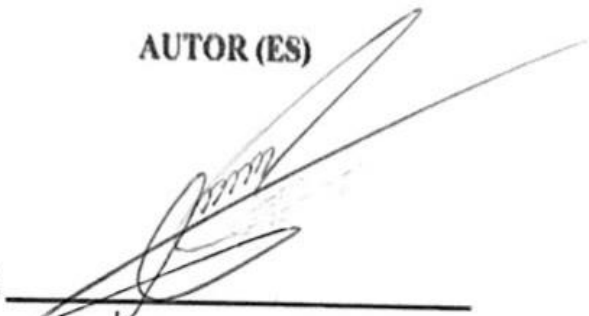
AUTORIZACIÓN

Nosotros, **CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO Y POZO POZO MARLON PAÚL.**

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **“ADAPTACIÓN DE TORNO CON ROUTER INCORPORADO, PARA OPTIMIZAR EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADUA, EN LA UPSE.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 11 días del mes de agosto del año 2026.

AUTOR (ES)

f. 

CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO

f. 

POZO POZO MARLON PAÚL

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“ADAPTACIÓN DE TORNO CON ROUTER INCORPORADO, PARA OPTIMIZAR EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADUA, EN LA UPSE.”** elaborado por el Sr. **CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO** y el Sr. **POZO POZO MARLON PAÚL**, 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.



Certificado de análisis
Compilatio Magister+ | UPSE-ECU

TESIS CARCHI - POZO FINAL

ID : cfe30fe7a23ed92bd4fa5023f8b9089b765c3c20

3%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : TESIS CARCHI - POZO FINAL.txt
Tamaño del archivo original : 34,92 MB
Número de palabras : 26,309

Depositante : MARCO VINICIO BERMEO GARCIA
Fecha de depósito : 7 de agosto de 2025
Tipo de carga : interface
Fecha de fin de análisis : 7 de agosto de 2025

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

f. 

ING. MARCO BERMEO GARCÍA, MGTR.

C.C.: 1707326813

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, denominado **“ADAPTACIÓN DE TORNO CON ROUTER INCORPORADO, PARA OPTIMIZAR EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADUA, EN LA UPSE”**, de los estudiantes: **CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO** y **POZO POZO MARLON PAÚL**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 8 de Agosto del 2026



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
Nº DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi madre, quien con su amor, sacrificio y apoyo incondicional ha sido el pilar fundamental de mi vida. A mis hermanos y a toda mi familia, por su confianza, motivación y palabras de aliento que me impulsaron a no rendirme ante las dificultades.

De manera especial, agradezco a nuestro docente tutor por su guía, conocimientos, paciencia y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación, así como a todos los docentes que formaron parte de mi proceso académico y contribuyeron a mi crecimiento profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra forma, aportaron con su apoyo y confianza para hacer posible la culminación de este trabajo de titulación.

CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por permitirme llegar hasta este momento, por darme salud, fortaleza y sabiduría para superar cada uno de los retos presentados durante mi formación académica.

Mi más sincero agradecimiento a mi esposa e hijo, quienes fueron mi mayor inspiración y motivación para seguir adelante, brindándome amor, comprensión y apoyo incondicional en cada etapa de este proceso.

Asimismo, expreso mi gratitud a mi madre por sus enseñanzas, sacrificios y consejos, que han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

Agradezco también a nuestro docente tutor y a todos los profesores que compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo significativamente a nuestra formación profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas, familiares y amigos que estuvieron presentes durante este camino, brindándome su respaldo y confianza para culminar con éxito este trabajo de investigación.

POZO POZO MARLON PAUL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, amor y perseverancia. A mis hermanos y a toda mi familia, por acompañarme y creer siempre en mí. También a mi docente tutor, por compartir sus conocimientos y guiarme durante este proceso académico. Este logro es el resultado del apoyo de cada una de las personas que estuvieron presentes en este camino.

CARCHI PALACIOS KELVIN LEONARDO

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi esposa y a mi hijo, quienes son la razón de mi esfuerzo y la mayor motivación para seguir adelante. A mi madre, por su apoyo incondicional y sus valiosos consejos. También a mis familiares y seres queridos que me brindaron ánimo y confianza en cada etapa de este proceso. Este logro también les pertenece a ellos.

POZO POZO MARLON PAUL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ING. ISABEL DEL ROCÍO BALÓN RAMOS, MSC.
DIRECTORA DE CARRERA

f. 

ING. HERRERA BRUNETT GERARDO ANTONIO, PhD.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

ING. MARCO BERMEO GARCÍA, MGTR.
DOCENTE TUTOR

f. 

ING. EDISON NOÉ BUENAÑO BUENAÑO, MGTR.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
AGRADECIMIENTOS.....	x
DEDICATORIA	xi
DEDICATORIA	xii
ÍNDICE GENERAL.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	6
MARCO TEÓRICO	6
1.1. Antecedentes investigativos.....	6
1.2. Estado del arte.....	7
1.3. Estado conceptual.	18
1.4. Descripción del prototipo actual y final.	19
CAPÍTULO II	22
MARCO METODOLÓGICO	22
2.1. Enfoque de investigación.....	22
2.2. Diseño de investigación.....	22
2.3. Procedimiento metodológico	23
2.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos.	28
2.4.1 Métodos de recolección de los datos.	28
2.4.2 Técnicas de recolección de los datos.....	29
2.4.3. Procedimiento de validación del instrumento.	30
2.4.4. Instrumentos de recolección de los datos.....	31
2.5. Variables de estudio.....	32
2.6. Procedimiento para la recolección de los datos.....	32
2.7. Plan de análisis e interpretación de resultados.	33

2.8. Operacionalización de las variables.	35
CAPÍTULO III.....	36
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1. Marco de resultados.....	36
3.1.1. Validación de la propuesta.	36
3.1.2. Valoración del contenido de la propuesta.....	37
3.2 Fiabilidad y validez de los instrumentos de investigación.....	74
3.3. Presupuesto del prototipo.....	81
Cálculos del VAN, TIR, PR.....	83
3.4. Discusión.	85
3.5. Limitaciones del estudio.	86
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda bibliográfica.....	9
Tabla 2. Relación entre los objetivos específicos de la investigación.	34
Tabla 3. Características de los expertos seleccionados.	38
Tabla 4. Observaciones y ajustes realizados al instrumento.	39
Tabla 5. Resultados de la validación del instrumento.....	39
Tabla 6. Diagnóstico técnico del torno convencional.	40
Tabla 7. Requerimientos técnicos para el diseño de la adaptación.	42
Tabla 8. Selección preliminar de materiales.	43
Tabla 9. Normativas consideradas para el diseño de la adaptación.	44
Tabla 10. Materiales seleccionados para la adaptación.....	55
Tabla 11. Componentes eléctricos seleccionados.	56
Tabla 12. Características de la caña guadúa utilizada en el proceso de mecanizado.	64
Tabla 13. Parámetros de operación del sistema de adaptación.	65
Tabla 14. Características de las herramientas utilizadas en el router.....	66
Tabla 15. Elementos del sistema de accionamiento.....	67
Tabla 16. Configuración del variador Siemens SINAMICS V20.....	68
Tabla 17. Preparación de las muestras para las pruebas experimentales.	70
Tabla 18. Tiempo de mecanizado promedio por tratamiento (minutos).	72
Tabla 19. Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene).	75
Tabla 20. Análisis de varianza (ANOVA).	75
Tabla 21. Análisis de confiabilidad del instrumento (Alfa de Cronbach).....	76
Tabla 22. Cronograma de mantenimiento.....	78
Tabla 23. Plan de capacitación para la operación del sistema de adaptación.	79
Tabla 24. Plan de mantenimiento preventivo del sistema de adaptación.....	80
Tabla 25. Documentación técnica complementaria del sistema de adaptación.....	81
Tabla 26. Presupuesto inversión inicial.	82
Tabla 27. Flujo de fondos proyectado.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Etapas del análisis bibliométrico.</i>	8
Figura 2. Proceso de selección de artículos.	11
Figura 3. Frecuencia de metodologías de investigación.	13
Figura 4. <i>Frecuencia de métodos de investigación.</i>	14
Figura 5. Frecuencia de técnicas utilizadas.....	15
Figura 6. Frecuencia de herramientas empleadas.	16
Figura 7. Prototipo actual del torno convencional.	20
Figura 8. Prototipo final con router incorporado.	21
Figura 9. Esquema del diseño de investigación.	23
Figura 10. Proceso de desarrollo del prototipo.	23
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de adaptación.....	27
Figura 12. Proceso de recolección de datos.	29
Figura 13. Proceso de validación del instrumento.	30
Figura 14. Diseño de la adaptación del torno con router incorporado.	37
Figura 15. Torno convencional utilizado para el diagnóstico técnico.	42
Figura 16. Base de fijación del módulo porta-router.	45
Figura 17. Columna vertical de soporte.....	45
Figura 18. Soporte deslizante.....	46
Figura 19. Placa porta-router	46
Figura 20. Ángulos de guía de la adaptación.....	47
Figura 21. Abrazadera para router.	47
Figura 22. Vistas principales del conjunto.....	48
Figura 23. Conceptualización del funcionamiento del prototipo.	49
Figura 24. Modelo tridimensional del sistema de adaptación.....	50
Figura 25. Análisis estático de la base de fijación.	50
Figura 26. Análisis estático de la columna vertical.	51
Figura 27. Análisis estático del soporte deslizante.	51
Figura 28. Análisis estático de la placa porta-router.....	52
Figura 29. Análisis estático de los ángulos de guía de la adaptación.	52
Figura 30. Diagrama eléctrico unifilar de la adaptación del torno convencional.	53
Figura 31. Proceso de construcción del prototipo de adaptación.....	58
Figura 32. Preparación de materiales.....	59
Figura 33. Fabricación de los ángulos guía.	60
Figura 34. Fabricación de la placa base.	60
Figura 35. Fabricación de los soportes verticales.	61
Figura 36. Fabricación de las placas de refuerzo.	62
Figura 37. Ensamblaje del sistema.....	63
Figura 38. Verificación operativa.	63
Figura 39. Diagrama de análisis de procesos para el corte espiral	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Mapa bibliométrico de palabras clave.....	93
Anexo B. Mapa bibliométrico de autores	93
Anexo C. Mapa bibliométrico por frecuencia de países.....	93
Anexo D. Mapa de coautoría institucional	94
Anexo E. Artículos para la revisión de alcance.....	94
Anexo F. Matriz de operacionalización de la variable dependiente	98
Anexo G. Matriz de operacionalización de la variable independiente	98
Anexo H. Ficha técnica del instrumento	99
Anexo I. Información transcrita en IBM SPSS Statistics.....	120
Anexo J. Manual de funcionamiento.....	121
Anexo K. Manual de mantenimiento.....	133
Anexo L. Plan de capacitación del operador del sistema de adaptación.	143
Anexo M. Plano eléctrico del sistema.	146

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

CNC: Control Numérico Computarizado.

CAD: Diseño Asistido por Computadora (*Computer-Aided Design*).

CAM: Manufactura Asistida por Computadora (*Computer-Aided Manufacturing*).

ANOVA: Análisis de Varianza (*Analysis of Variance*).

SPSS: Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (*Statistical Package for the Social Sciences*).

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (*American Society for Testing and Materials*).

DITRIAC: Diseño Mixto de Triangulación Concurrente.

UIC: Unidad de Integración Curricular.

SÍMBOLOS

RPM	Revoluciones por minuto	Unidad de velocidad angular
Mm	Milímetros	Unidad de longitud / avance
Rev	Revolución	Unidad de giro de husillo
Cm	Centímetros	Unidad de longitud
\$F\$	Estadístico F (en tablas ANOVA)	Parámetro estadístico
\$\alpha\$	Alfa de Cronbach (Fiabilidad)	Coeficiente estadístico (adimensional)

“ADAPTACIÓN DE TORNO CON ROUTER INCORPORADO, PARA OPTIMIZAR EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADUA, EN LA UPSE”

Autores: Carchi Palacios Kelvin Leonardo

Pozo Marlon Paúl

Tutor: Ing. Marco Bermeo García, Mgtr.

RESUMEN

En la actualidad, la transformación de materiales naturales como la caña guadua requiere procesos de mecanizado más eficientes que permitan mejorar la precisión y reducir tiempos de producción. El objetivo de la presente investigación fue adaptar un torno convencional con un router incorporado para optimizar el corte espiral en caña guadua en la UPSE. Se aplicó la metodología PRISMA 2020 para la revisión de literatura científica y se desarrolló un prototipo mediante herramientas CAD, validado estructuralmente antes de su fabricación. Los resultados permitieron obtener un sistema construido en acero ASTM A36 con un peso de 18,5 kg, incorporando un motor de 1 HP, router eléctrico y variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20. La validación mediante expertos alcanzó una aceptación del 91,25 %, mientras que las pruebas experimentales evidenciaron una reducción del 30 % en los tiempos de manufactura y mejora en la estabilidad del proceso. La evaluación económica determinó una inversión inicial de \$697,75 USD, un VAN de \$6.580,57 USD, una TIR de 274,8 % y un periodo de recuperación aproximado de 4 meses, demostrando la viabilidad técnica, económica y productiva del sistema desarrollado para la transformación sostenible de la caña guadua.

Palabras claves: *Caña guadua, mecanizado, corte espiral, adaptación mecánica, torno, router.*

" LATHE ADAPTATION WITH BUILT-IN ROUTER, TO OPTIMIZE SPIRAL CUTTING IN BAMBOO CANE, AT THE UPSE."

Authors: Carchi Palacios Kelvin Leonardo

Pozo Marlon Paul

Tutor: Ing. Marco Bermeo García, Mgtr.

ABSTRACT

Currently, the transformation of natural materials such as bamboo cane requires more efficient machining processes that improve precision and reduce production times. The objective of this research was to adapt a conventional lathe with a built-in router to optimize spiral cutting in bamboo cane at the UPSE. The PRISMA 2020 methodology was applied for the review of scientific literature and a prototype was developed using CAD tools, structurally validated before its manufacture. The results made it possible to obtain a system built in ASTM A36 steel with a weight of 18.5 kg, incorporating a 1 HP motor, electric router and Siemens SINAMICS V20 frequency inverter. Validation by experts achieved an acceptance of 91.25%, while experimental tests showed a 30% reduction in manufacturing times and improvement in process stability. The economic evaluation determined an initial investment of \$697.75 USD, a NPV of \$6,580.57 USD, an IRR of 274.8% and an approximate recovery period of 4 months, demonstrating the technical, economic and productive viability of the system developed for the sustainable transformation of guadua bamboo.

Key words: *Bamboo cane, machining, spiral cutting, mechanical adaptation, lathe, router.*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso de materiales sostenibles ha cobrado gran relevancia a nivel mundial debido a la necesidad de reducir el impacto ambiental de los procesos productivos y promover el aprovechamiento de recursos renovables (Macias et al., 2025). Se estima que más del 35 % de las emisiones globales de CO₂ provienen del sector de la construcción y manufactura, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas ecológicas. Dentro de este contexto, el bambú y, específicamente, la caña guadua se ha posicionado como un material de alto valor en la ingeniería, la construcción y el diseño industrial debido a su rápido crecimiento, de hasta 20 cm diarios y su capacidad de captura de carbono, que puede ser hasta 30 % superior a la de especies forestales tradicionales. Diversas investigaciones han destacado que el bambú puede convertirse en una alternativa viable frente a materiales tradicionales, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la innovación tecnológica en procesos de manufactura (Abraján et al., 2023).

A nivel regional, especialmente en países de América Latina, la guadua representa un recurso natural con gran potencial económico y productivo, con una disponibilidad estimada de más de 10 millones de hectáreas de bambú en la región. Sin embargo, uno de los principales retos radica en la transformación y procesamiento eficiente de este material, ya que su estructura fibrosa y su dureza natural pueden dificultar operaciones de mecanizado como el corte, fresado o torneado, generando pérdidas de material de hasta un 15 % durante el proceso. Además, se ha evidenciado que el desgaste de herramientas puede incrementarse entre un 20 % y 30 % en comparación con el mecanizado de maderas convencionales. Por ello, diferentes estudios han señalado la importancia de desarrollar tecnologías y herramientas que permitan mejorar los procesos de mecanización del bambú, optimizando la precisión, el acabado y la eficiencia en la fabricación de productos derivados (Espinoza et al., 2023)

En el ámbito académico y tecnológico, las instituciones de educación superior cumplen un papel fundamental en el desarrollo de soluciones innovadoras orientadas a mejorar los procesos industriales y artesanales. Se estima que más del 70 % de las innovaciones tecnológicas aplicadas en manufactura tienen origen o apoyo en centros de investigación y universidades. En este sentido, la implementación de adaptaciones

mecánicas en máquinas herramientas tradicionales, como la incorporación de routers en tornos, representa una alternativa viable para optimizar procesos de mecanizado más complejos, como el corte espiral, el cual puede reducir tiempos de fabricación en hasta un 40 % cuando se emplean sistemas adecuados. Este tipo de adaptaciones permiten incrementar la precisión del corte, mejorar la seguridad operativa reduciendo incidentes hasta en un 25 % y facilitar la producción de piezas con mayor calidad superficial y uniformidad en el diseño.

El presente estudio se desarrolla en la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) y tiene como objetivo la adaptación de un torno con router incorporado para optimizar el corte espiral en caña guadua. En el contexto local, se ha identificado que más del 60% de los talleres educativos utilizan maquinaria convencional no especializada, lo que limita la precisión y eficiencia de los procesos de mecanizado. La investigación busca diseñar una solución técnica que permita mejorar la eficiencia del mecanizado de este material, logrando potencialmente una reducción de tiempos operativos de hasta un 30 % y una mejora en la calidad del acabado superficial. De esta manera, se aporta al desarrollo de herramientas tecnológicas aplicadas a la transformación de recursos naturales y se fortalece la investigación en el área de ingeniería mecánica e industrial.

Planteamiento del problema.

El uso de materiales naturales y renovables ha adquirido gran importancia en los últimos años debido a la necesidad de promover procesos productivos más sostenibles y eficientes. Entre estos materiales destaca la caña guadua, la cual es reconocida por su rápido crecimiento, alta resistencia mecánica y versatilidad en diferentes aplicaciones dentro de la construcción, la ingeniería y la fabricación de productos artesanales e industriales. No obstante, a pesar de sus múltiples beneficios, el procesamiento mecánico de la guadua presenta ciertas dificultades debido a su estructura fibrosa y su dureza natural, factores que pueden afectar la precisión del mecanizado, el acabado superficial y el rendimiento de las herramientas utilizadas durante las operaciones de corte (Espinoza et al., 2023).

En diversos talleres y centros de formación técnica, el mecanizado de la caña guadua se realiza generalmente con maquinaria convencional que no está diseñada específicamente para trabajar con este tipo de material. Esta situación puede generar

problemas como cortes imprecisos, acabados irregulares y mayor tiempo de trabajo durante el proceso de fabricación de piezas. Además, cuando se requiere realizar cortes más complejos, como el corte espiral, se vuelve necesario contar con herramientas y mecanismos que permitan un mayor control y estabilidad durante el mecanizado, lo cual no siempre es posible con los equipos tradicionales disponibles (Greis et al., 2023).

En el caso de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), se ha identificado la necesidad de mejorar los procesos de mecanizado aplicados a la caña guadua dentro de los espacios de formación e investigación. La falta de un sistema adaptado que permita ejecutar cortes espirales con precisión y seguridad limita el desarrollo de prácticas técnicas y proyectos innovadores relacionados con el aprovechamiento de este material. Por esta razón, surge la necesidad de adaptar un torno con router incorporado que permita optimizar el proceso de corte espiral en caña guadua, mejorando la eficiencia del mecanizado, la calidad del acabado y las condiciones de seguridad durante su operación.

La implementación de este sistema tendrá un impacto significativo tanto a nivel académico como social y económico. En la actualidad, el acceso a mecanizados especializados en caña guadua es limitado, ya que son pocos los talleres que cuentan con la tecnología adecuada, lo que incrementa los costos de producción entre un 30% y 50%. Esto restringe el acceso de artesanos, emprendedores y pequeñas industrias a procesos de transformación más eficientes. Con el desarrollo de esta propuesta, se facilitará la democratización del mecanizado de la guadua, permitiendo reducir costos, mejorar la calidad de los productos y fomentar el emprendimiento local.

Alcance de la investigación.

La presente investigación es de tipo aplicada con enfoque experimental, orientada al diseño, implementación y evaluación de una solución tecnológica que permita optimizar el proceso de corte espiral en caña guadua mediante la adaptación de un torno con router incorporado. El alcance del trabajo comprendió, en primera instancia, el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la caña guadua que influyen en su comportamiento durante el mecanizado, así como la revisión de los principios de funcionamiento del torno convencional y del router. A partir de este

análisis, se establecerán los requerimientos técnicos necesarios para el diseño de la adaptación mecánica que permita ejecutar cortes espirales de manera controlada.

Posteriormente, la investigación comprende el diseño y desarrollo de la adaptación de un router a un torno convencional, considerando criterios de ingeniería mecánica relacionados con la resistencia estructural, la estabilidad y la seguridad operativa. Esta etapa incluye la elaboración de planos, la selección de materiales, la fabricación de los componentes y el ensamblaje del sistema. Finalmente, se realizaron pruebas experimentales de corte espiral en caña guadua con el propósito de verificar el funcionamiento de la adaptación implementada y analizar los resultados obtenidos durante el proceso de mecanizado.

Formulación del problema de investigación.

¿La adaptación de un torno con router incorporado permitirá optimizar el proceso de corte espiral en caña guadua, mejorando el desempeño del mecanizado en la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)?

Limitaciones de la investigación.

La presente investigación presentó ciertas limitaciones que condicionaron el alcance de los resultados obtenidos. En primer lugar, se trabajó con recursos técnicos y económicos limitados, lo que restringió la posibilidad de implementar componentes de mayor precisión o tecnología avanzada en la adaptación del torno con router incorporado. Esta situación influyó en el nivel de automatización del sistema, orientándolo principalmente hacia una solución semiautomatizada.

Justificación de la investigación.

La presente investigación se justificó en la necesidad de optimizar los procesos de mecanizado aplicados a la caña guadua, un material natural ampliamente valorado por sus propiedades mecánicas, flexibilidad y sostenibilidad. En este contexto, se desarrolló una propuesta orientada a mejorar la precisión y eficiencia del corte espiral mediante la adaptación de un torno con router incorporado, contribuyendo al fortalecimiento de las prácticas académicas y de investigación dentro de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE). Esto permitió además reducir limitaciones técnicas existentes en los procesos convencionales de mecanizado.

Asimismo, el estudio tuvo relevancia al plantear una solución tecnológica accesible y replicable, que permitió aprovechar maquinaria existente sin requerir altas inversiones en equipos especializados. Esta adaptación incrementó la funcionalidad del torno, optimizó su rendimiento y prolongó su vida útil, lo cual resulta especialmente significativo en entornos con recursos limitados. De esta manera, se favoreció el uso eficiente de recursos disponibles y la sostenibilidad en los procesos productivos.

De igual manera, la investigación promovió la innovación tecnológica aplicada al uso de materiales naturales, mejorando la eficiencia productiva y la calidad del mecanizado de la guadua. En consecuencia, sus resultados sentaron bases para futuras aplicaciones en talleres, centros de formación y pequeños sistemas productivos, aportando al desarrollo técnico, económico y sostenible del entorno.

OBJETIVOS.

Objetivo general.

Adaptar un torno con router incorporado para la optimización del proceso de corte espiral en caña guadua en la UPSE.

Objetivo específico.

OE1: Realizar un estado del arte, mediante una revisión de la literatura basada en estudios relevantes sobre mecanizado de caña guadua, funcionamiento del torno y uso del router, que permita la identificación de métodos, herramientas y requerimientos técnicos para el corte espiral.

OE2: Establecer un marco metodológico que estructure de manera secuencial las etapas del diseño, fabricación y ensamblaje de la adaptación del torno con router incorporado, desde los requerimientos técnicos hasta las pruebas de funcionamiento del sistema.

OE3: Evaluar el funcionamiento de la adaptación del torno con router incorporado mediante la ejecución de pruebas experimentales de corte espiral en caña guadua, considerando los resultados obtenidos durante el proceso de mecanizado.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos.

En China, Ding et al., (2023) desarrollaron un estudio experimental sobre la maquinabilidad del bambú compuesto, evaluando variables como velocidad del husillo (6000–12000 rpm), avance (0.1–0.5 mm/rev) y orientación de la fibra. Los resultados evidenciaron que el incremento de la velocidad del husillo reduce la rugosidad superficial hasta en un 28%, mientras que el aumento del avance la incrementa en aproximadamente 35%, afectando el acabado final. Asimismo, se registró una reducción del 22% en la formación de grietas al trabajar con orientaciones de fibra longitudinal. Se concluye que el control de parámetros de mecanizado es determinante para optimizar la calidad del corte en materiales fibrosos.

Este estudio es complementado por lo expuesto por Khetre et al., (2025), quienes analizaron la influencia de parámetros de corte en el fresado de bambú mediante metodología de superficie de respuesta. Sus resultados indicaron que una combinación de velocidad media del husillo y bajo avance permitió reducir la rugosidad superficial en más del 30%, mientras que incrementos en la profundidad de corte generaron aumentos significativos en la rugosidad. Además, determinaron que el avance es el factor más influyente en la calidad superficial, con una incidencia superior al 40% en la variación del acabado. Estos hallazgos refuerzan la importancia del control de parámetros en el mecanizado del bambú.

En Colombia, Luna & Lizarazo-Marriaga, (2025) desarrollaron un estudio experimental enfocado en la caracterización de fibras de guadua para aplicaciones industriales. La metodología incluyó ensayos de tracción, flexión y densidad. Los resultados evidenciaron resistencias a la tracción entre 150 y 250 MPa, módulos de elasticidad de hasta 20 GPa y densidades promedio de 600 a 800 kg/m³. Asimismo, se identificó una variabilidad del 15% en propiedades mecánicas dependiendo de la sección del material. Se concluye que la guadua presenta propiedades adecuadas para uso estructural, aunque su comportamiento heterogéneo exige condiciones controladas en su procesamiento.

De manera similar, Aykac & Sofuoglu, (2021) evaluaron el efecto de parámetros de mecanizado sobre la calidad superficial del bambú. Sus hallazgos demostraron que, al incrementar la velocidad del husillo hasta 14000 rpm, la rugosidad superficial disminuye considerablemente, mientras que el aumento del avance genera un incremento directo en la rugosidad. Además, identificaron que configuraciones óptimas de corte pueden reducir la rugosidad hasta en un 25% en comparación con condiciones no controladas. Esto confirma la necesidad de controlar variables de mecanizado para aprovechar adecuadamente las propiedades mecánicas del material.

En Ecuador, Padilla et al., (2024) realizaron un estudio experimental sobre la caracterización mecánica y física de la guadua angustifolia, evaluando propiedades bajo normas ISO. Los resultados evidenciaron resistencias a compresión de hasta 52 MPa, resistencia a tracción de aproximadamente 120 MPa y variaciones de densidad entre 650 y 900 kg/m³. Además, se registraron diferencias de hasta 20% en propiedades mecánicas entre la base y la parte superior del culmo. Se concluye que estas variaciones influyen directamente en la precisión del mecanizado y en la calidad del producto final.

En esta misma línea, Ding et al., (2023) analizaron el comportamiento del bambú en procesos de fresado, evidenciando que el aumento de la velocidad del husillo reduce defectos como carbonización y fisuración, mientras que el incremento del avance produce un aumento lineal en la rugosidad superficial. Asimismo, determinaron que un control adecuado de parámetros puede reducir defectos de corte en más del 20% y mejorar la estabilidad del mecanizado. Esto demuestra que las variaciones naturales del material, combinadas con parámetros de mecanizado, influyen directamente en la calidad final del proceso.

1.2. Estado del arte.

El estado del arte se fundamenta en metodologías sistemáticas que permiten organizar y analizar la información científica de manera estructurada. Page et al., (2021) indican la importancia de aplicar el método PRISMA 2020, el cual establece una guía compuesta por 27 ítems para la identificación, selección y análisis de estudios relevantes. Asimismo, Kovari & Attila, (2024) señala que este proceso debe seguir

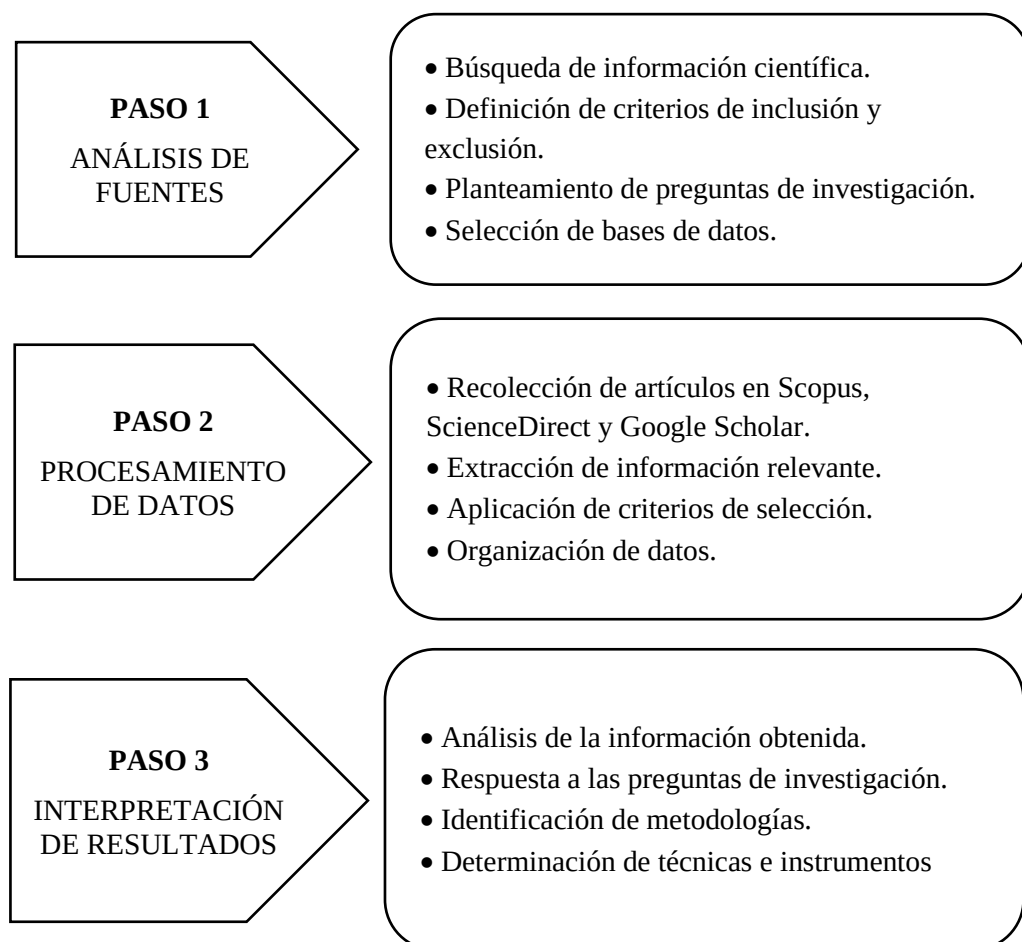
etapas definidas como la planificación, búsqueda, selección y síntesis de la información, lo que garantiza la validez y confiabilidad del estado del arte.

Análisis bibliométrico.

El procedimiento utilizado para recolectar la información en esta investigación corresponde al análisis bibliométrico, el cual integra técnicas tanto estadísticas como cualitativas. Este método se fundamenta en la revisión y organización conceptual de diversas publicaciones a nivel global relacionadas con la “adaptación de torno con router incorporado”, con el propósito de comprender el estado actual del tema y localizar estudios afines. De esta manera, se logra contextualizar la investigación sobre la optimización del corte espiral en caña guadua. En la figura 1 se presentan las etapas que conforman el proceso de análisis bibliométrico.

Figura 1.

Etapas del análisis bibliométrico.



Nota. Elaborado por los autores en base a Kovari & Attila, (2024).

Paso 1: Análisis de fuentes.

Búsqueda de información científica.

En esta etapa se realizó la recopilación de información científica relacionada con el diseño de máquinas herramientas, sistemas de corte automatizado, procesamiento de caña guadua y tecnologías de manufactura sostenible. La búsqueda se efectuó en bases de datos académicas reconocidas como Scopus, ScienceDirect y Google Scholar, con el fin de obtener literatura actualizada y de alto impacto científico.

Definición de criterios de inclusión y exclusión.

Para delimitar la información científica utilizada en la presente investigación, se establecieron criterios de inclusión y exclusión que permiten seleccionar únicamente estudios pertinentes al análisis del diseño de un torno con router incorporado aplicado al corte espiral de caña guadua. Estos criterios aseguran la calidad, relevancia y actualidad de los documentos revisados, considerando aspectos como el periodo de publicación, tipo de documento, idioma y relación temática con el área de estudio.

Tabla 1.

Criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda bibliográfica.

Criterio	Inclusión	Exclusión
Periodo de publicación	Estudios publicados entre 2020 y 2026	Documentos anteriores al año 2020
Tipo de documento	Artículos científicos indexados	Tesis, libros, ponencias, cartas o editoriales
Pertinencia temática	Investigaciones sobre CNC, tornos, routers, corte de materiales naturales.	Estudios no relacionados con manufactura o procesamiento de materiales
Idioma	Español e inglés	Otros idiomas no considerados

Nota. Elaborado por los autores.

En la Tabla 1 se detallan de manera estructurada los criterios aplicados para la selección y filtrado de la literatura científica utilizada en la revisión bibliográfica.

Planteamiento de preguntas de investigación.

Para orientar el análisis bibliográfico, se definieron las siguientes preguntas de investigación, enfocadas en el comportamiento y características de la literatura científica revisada:

a. ¿Qué enfoques metodológicos se han empleado para evaluar los procesos de mecanizado en materiales naturales como la caña guadua?

b. ¿Cuáles son los procesos de mecanizado más utilizados en investigaciones relacionadas con tornos y sistemas CNC aplicados a materiales de origen vegetal?

c. ¿Qué técnicas se utilizan para la recolección y evaluación de datos asociados a la calidad del corte, precisión dimensional y eficiencia en el mecanizado de la guadua?

d. ¿Qué herramientas tecnológicas se aplican para analizar el rendimiento del mecanizado y la optimización de procesos en sistemas de torno con router incorporado?

Selección de bases de datos.

La selección de las bases de datos se llevó a cabo considerando su reconocimiento académico, cobertura temática y acceso a literatura científica especializada en ingeniería y manufactura. En este sentido, se empleó Scopus, debido a su amplia indexación de revistas de alto impacto en áreas tecnológicas; ScienceDirect, por su acceso a investigaciones relacionadas con ingeniería mecánica, materiales y procesos de manufactura; y Google Scholar, como herramienta complementaria que permitió ampliar la búsqueda e identificar estudios relevantes adicionales, incluyendo literatura científica no indexada en las bases de datos principales. Estas plataformas facilitaron la recopilación de información pertinente para el desarrollo del presente estudio.

Paso 2: Procesamiento de datos.

Recolección de artículos

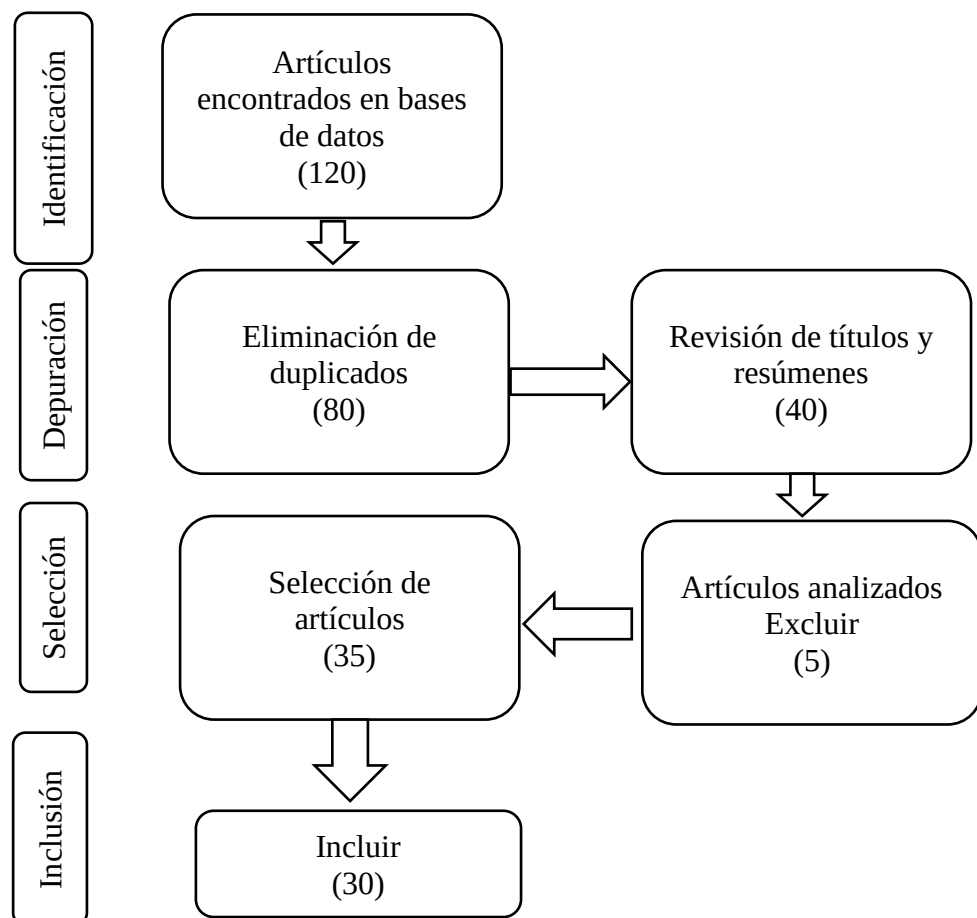
La recolección de artículos científicos se realizó mediante una búsqueda sistemática en las bases de datos Scopus, ScienceDirect y Google Scholar. Como

resultado inicial, se identificaron un total de 120 documentos, los cuales fueron distribuidos según la fuente de consulta: una mayor proporción proveniente de Scopus debido a su amplia cobertura en ingeniería y tecnología, seguida de ScienceDirect con artículos especializados en manufactura y materiales, y finalmente Google Scholar como fuente complementaria que permitió ampliar el alcance de la búsqueda.

Posteriormente, se eliminaron 80 registros duplicados, los cuales se presentaban principalmente por la coincidencia de artículos indexados en múltiples plataformas. Luego, se llevó a cabo la revisión de títulos y resúmenes de 40 documentos, de los cuales 40 fueron preseleccionados por su alta pertinencia temática. En la fase de selección, se evaluaron 35 artículos en texto completo, descartándose 5 por no cumplir con los criterios establecidos, finalmente se incluyeron 30 artículos científicos para el análisis.

Figura 2.

Proceso de selección de artículos.



Nota. Elaborado por los autores.

Como se presenta en la Figura 2, el proceso de selección de artículos se desarrolló en diferentes fases, iniciando con la identificación de estudios en bases de datos, seguido de la depuración de duplicados, la selección mediante revisión de títulos y resúmenes, y finalmente la inclusión de los artículos más relevantes para el análisis.

Paso 3: Interpretación de resultados.

Análisis de la información obtenida.

El análisis de la información se realizó a partir de los 30 artículos científicos seleccionados, los cuales fueron organizados y clasificados según variables como año de publicación, autores, país de origen, metodologías empleadas y áreas de estudio. Este proceso permitió identificar patrones relevantes en la investigación sobre mecanizado de materiales naturales, especialmente en lo relacionado con el uso de tornos, sistemas CNC y herramientas de corte aplicadas a la caña guadua. Asimismo, se evidenció un crecimiento progresivo en el interés científico por optimizar procesos de manufactura sostenible.

El anexo A muestra un mapa bibliométrico de co-ocurrencia de palabras clave, donde se visualizan los principales términos relacionados con el área de estudio y sus interrelaciones. Los nodos representan las palabras clave extraídas de la literatura científica, y su tamaño indica la frecuencia de aparición. Las líneas reflejan la relación o co-ocurrencia entre términos, mientras que los colores agrupan diferentes clústeres temáticos, evidenciando subáreas de investigación como *machine learning*, *network security*, *router*, y *optimization*. Este tipo de análisis permite identificar tendencias, enfoques predominantes y conexiones entre conceptos dentro del campo estudiado.

En el Anexo B se observa una red de autores donde destaca claramente Takasaki, Chikako como el nodo de mayor tamaño, lo que indica que es uno de los autores con mayor producción o relevancia dentro del conjunto analizado. Alrededor de este nodo principal se agrupan múltiples autores, lo que sugiere una red de colaboración relativamente amplia.

En el Anexo C se observa una red de colaboración científica entre países. Destacan principalmente India, Estados Unidos y China como los nodos de mayor tamaño, lo que indica que son los países con mayor producción científica o participación en el área de estudio. Además, se evidencian múltiples conexiones entre

estos países y otras naciones, reflejando una amplia cooperación internacional en el desarrollo de investigaciones relacionadas con tecnologías de manufactura, mecanizado y optimización de procesos. Esta interacción contribuye al intercambio de conocimientos y al fortalecimiento de la producción científica a nivel global.

En el anexo D se muestra la red de coautoría institucional obtenida mediante VOSviewer, donde se identifican las principales instituciones que participan en investigaciones relacionadas con tecnologías de manufactura y mecanizado. Destaca Tsinghua University como una de las instituciones con mayor presencia dentro de la red, evidenciándose además la colaboración entre universidades y centros de investigación de diferentes países.

Respuesta a las preguntas de investigación.

a. Metodologías aplicadas en estudios de mecanizado de guadua.

En la Figura 3 se observa que la metodología predominante en los estudios analizados es la cuantitativa, con una frecuencia de 10 investigaciones, equivalente al 65 %. Esto se debe a la necesidad de medir variables técnicas como rugosidad, precisión y eficiencia del mecanizado. Asimismo, el enfoque mixto representa el 25 %, combinando análisis experimental y descriptivo, mientras que el enfoque cualitativo presenta una menor participación con el 10 %.

Figura 3.

Frecuencia de metodologías de investigación.



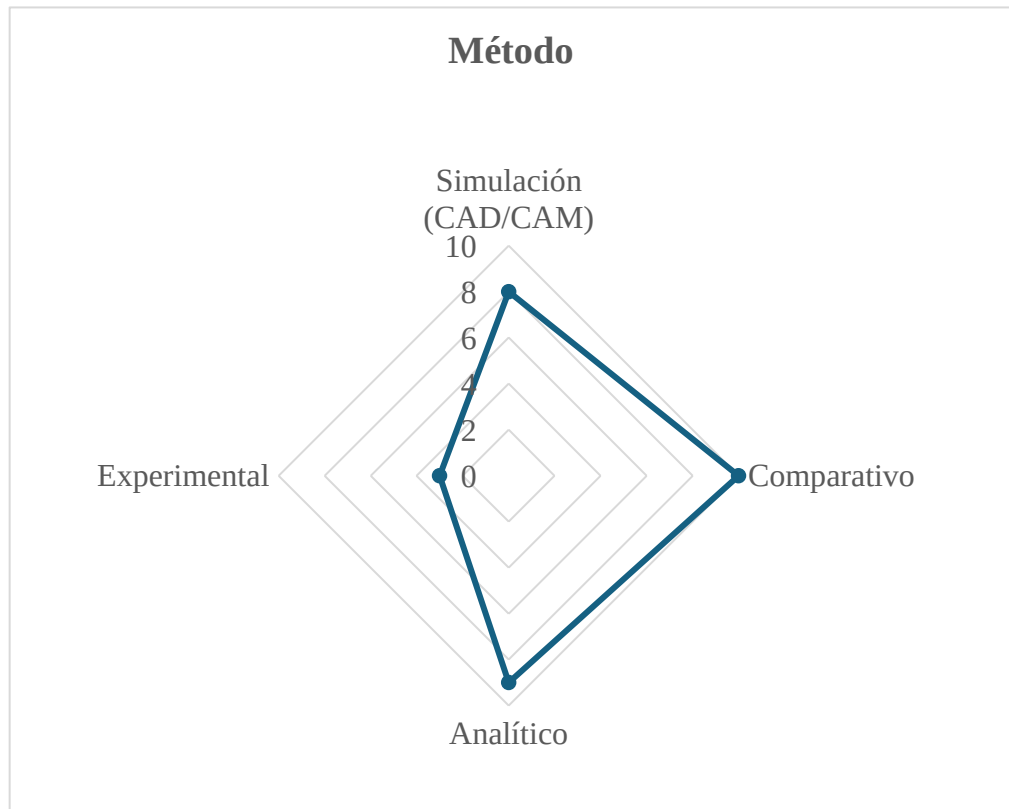
Nota. Elaborado por los autores.

b. Métodos utilizados en estudios de mecanizado.

En la Figura 4 se observa que el método experimental es el más utilizado, con una frecuencia de 9 estudios (60 %), lo cual evidencia la importancia de realizar pruebas prácticas en procesos de mecanizado. Por otra parte, el método analítico representa el 20 %, permitiendo evaluar variables técnicas del proceso. Asimismo, los métodos comparativos y de simulación presentan menor frecuencia, con el 13 % y 7 % respectivamente, utilizados principalmente para validar resultados y optimizar procesos mediante herramientas digitales.

Figura 4.

Frecuencia de métodos de investigación.



Nota. Elaborado por los autores.

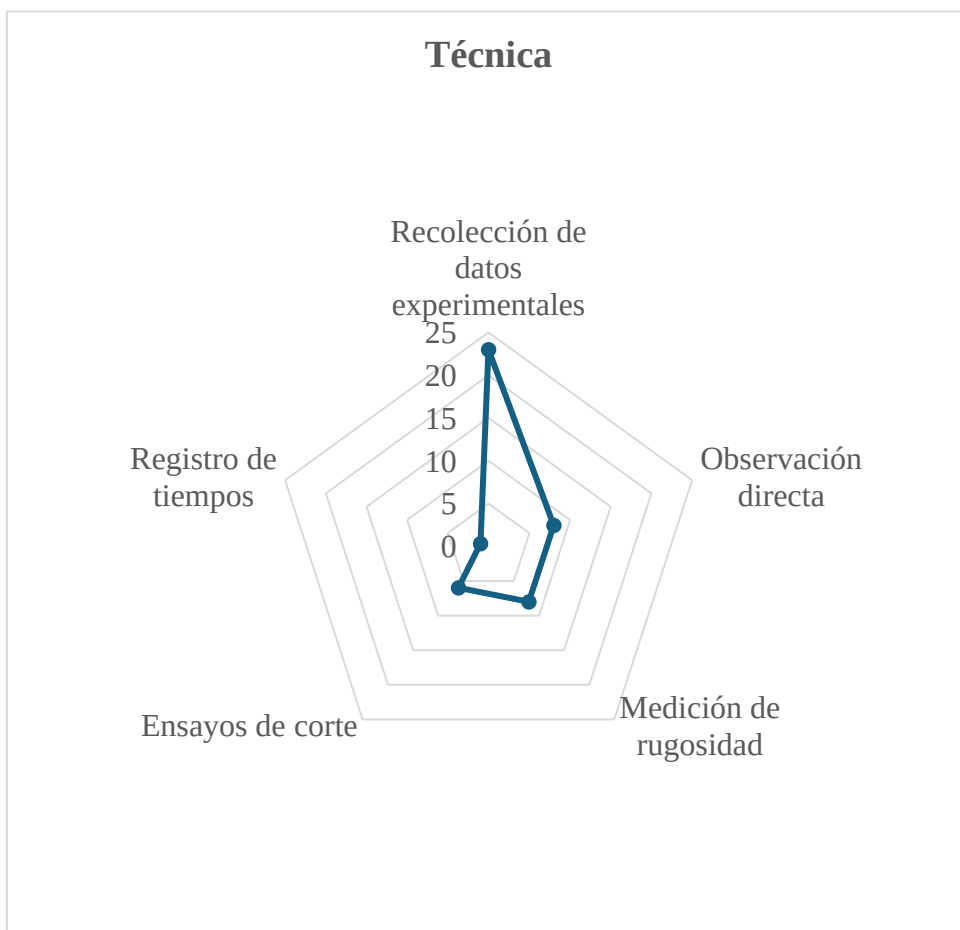
c. Técnicas de recolección de información.

En la Figura 5 se observa que la técnica más utilizada es la medición de rugosidad superficial, con una frecuencia del 33 %, debido a su importancia en la evaluación de la calidad del mecanizado. El registro de tiempos representa el 27 %, permitiendo analizar la eficiencia del proceso. Asimismo, la observación directa y los ensayos de corte presentan valores del 20 % y 13 %, respectivamente, mientras que la

recolección de datos experimentales representa el 7 %. Esto evidencia una combinación de técnicas cuantitativas orientadas a la medición del rendimiento del proceso.

Figura 5.

Frecuencia de técnicas utilizadas.



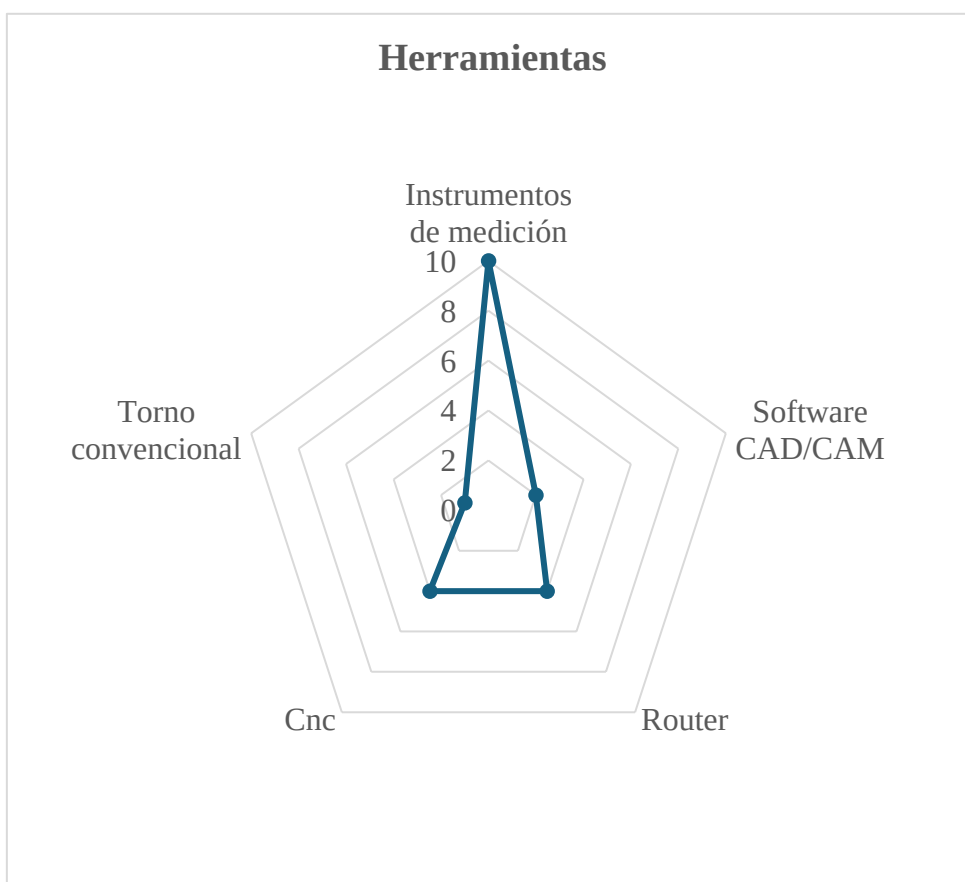
Nota. Elaborado por los autores

d. Herramientas utilizadas en los estudios.

En la Figura 6 se observa que el torno convencional es la herramienta más utilizada, con una frecuencia del 33 %, seguido por las máquinas CNC con el 27 %, lo que evidencia su importancia en procesos de mecanizado. Asimismo, el uso de router representa el 20 %, destacando su aplicación en cortes más complejos. Por otra parte, el software CAD/CAM y los instrumentos de medición presentan menor frecuencia, con el 13 % y 7 % respectivamente, siendo utilizados como herramientas complementarias para el diseño y evaluación del proceso.

Figura 6.

Frecuencia de herramientas empleadas.



Nota. Elaborado por los autores.

El anexo E presenta una matriz de 30 artículos que permitió identificar que la mayor parte de las investigaciones se desarrollaron bajo un enfoque cuantitativo y experimental, debido a la necesidad de medir y analizar variables técnicas relacionadas con el desempeño de los procesos de manufactura. En estos estudios fue frecuente el uso de mediciones directas, observación técnica y ensayos de corte, del mismo modo los investigadores priorizaron la obtención de información verificable mediante pruebas controladas, permitiendo generar resultados confiables para la toma de decisiones técnicas.

Por otra parte, los trabajos de Ding et al., (2023), Aykac & Sofuoglu, (2021), Suhami et al., (2023) y Rianmora et al., (2024) aportan información relevante para esta investigación, ya que analizan el comportamiento de materiales naturales y compuestos durante operaciones de corte y fresado. Sus resultados evidencian que factores como la velocidad de rotación, el avance de la herramienta y la profundidad de corte influyen directamente en la calidad superficial y en la precisión del

mecanizado. Estos hallazgos constituyen una referencia importante para la adaptación del torno con router incorporado propuesto en este estudio, debido a que permiten comprender qué parámetros deben ser controlados para obtener mejores resultados durante el corte espiral de la caña guadua.

De igual manera, se observó una amplia utilización de tecnologías como routers, máquinas CNC, software CAD/CAM, sistemas de simulación y equipos de medición especializados. La incorporación de estas herramientas ha permitido optimizar procesos productivos, reducir errores operativos y mejorar la calidad de los productos obtenidos. Además, varios autores coinciden en que la combinación de equipos convencionales con nuevas tecnologías representa una alternativa viable para incrementar el rendimiento de los sistemas de manufactura sin requerir inversiones excesivamente elevadas, aspecto que resulta especialmente importante en entornos académicos y de investigación.

Otro aspecto identificado durante la revisión fue la importancia que tiene la estabilidad mecánica de los equipos durante los procesos de mecanizado. Vázquez & Guajardo, (2024) analizaron el comportamiento vibracional de routers CNC y determinaron que las vibraciones afectan directamente la precisión del trabajo realizado. De manera similar, Greis et al., (2023) estudiaron modelos para reducir fenómenos de vibración durante el corte, concluyendo que una estructura estable favorece la calidad superficial y disminuye la aparición de defectos. Estos resultados guardan estrecha relación con la presente propuesta, ya que la adaptación del router al torno debe garantizar un funcionamiento seguro y estable durante la ejecución de los cortes espirales.

Asimismo, investigaciones desarrolladas por Hrabovský et al., (2025), Cai et al., (2024) y Sousa et al., (2020) destacan la relevancia de utilizar instrumentos de medición y sistemas de monitoreo para evaluar el comportamiento de los procesos productivos. En estos estudios se emplearon sensores, sistemas láser, dinamómetros y equipos especializados para analizar variables relacionadas con fuerzas de corte, precisión dimensional y comportamiento estructural de los materiales. La aplicación de estos instrumentos permitió obtener información detallada sobre el rendimiento de los procesos, facilitando la identificación de mejoras técnicas y operativas.

Por su parte, Henriquez et al., (2025), De la Cruz et al., (2023) y Luna & Lizarazo-Marriaga, (2025) resaltan la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas adaptadas a las condiciones reales de trabajo, especialmente en instituciones educativas y pequeñas unidades productivas. Sus investigaciones evidencian que la optimización de equipos existentes puede generar mejoras significativas en productividad, calidad y aprovechamiento de recursos, evitando la necesidad de adquirir maquinaria altamente especializada.

1.3.Estado conceptual.

Mecanizado.

Proceso de manufactura que consiste en la remoción controlada de material de una pieza de trabajo mediante herramientas de corte accionadas por maquinaria, como un torno CNC. El objetivo es transformar una pieza con dimensiones originales en una con las dimensiones y acabados requeridos, tales como un diámetro específico en operaciones de torneado. Este proceso involucra parámetros de corte como avance, revoluciones por minuto (RPM) y profundidad de corte, que inciden directamente en la calidad y eficiencia del mecanizado (Hernández Martínez et al., 2020).

Caña guadua.

Material natural de origen vegetal caracterizado por su estructura fibrosa, alta resistencia mecánica y comportamiento anisotrópico, lo que influye en su procesamiento y mecanizado (Gaitán-Bermúdez & Fonthal-Rivera, 2020).

Parámetros de corte.

Conjunto de variables que intervienen en el proceso de mecanizado, tales como la velocidad de corte, el avance y la profundidad de corte, las cuales determinan la calidad del acabado, la eficiencia del proceso y el desgaste de la herramienta (Espinoza et al., 2023).

Rugosidad superficial.

Medida de las irregularidades presentes en la superficie de una pieza mecanizada, utilizada como indicador de la calidad del acabado obtenido durante el proceso de corte (Espinoza et al., 2023).

Torno.

Máquina herramienta utilizada para realizar operaciones de mecanizado mediante el giro de la pieza sobre su eje, permitiendo procesos como torneado, roscado y ranurado (Espinoza et al., 2023).

Router.

Herramienta de corte rotativa utilizada para realizar ranurados, perfiles y cortes complejos en diferentes materiales, cuya integración con el torno permite ampliar las capacidades de mecanizado (Sousa et al., 2020).

Control numérico computarizado (CNC).

Sistema automatizado que permite controlar máquinas herramientas mediante instrucciones programadas, mejorando la precisión, repetibilidad y eficiencia en los procesos de manufactura (Sousa et al., 2020).

CAD/CAM.

Conjunto de tecnologías que integran el diseño asistido por computadora (CAD) y la manufactura asistida por computadora (CAM), permitiendo la simulación, planificación y control de procesos de mecanizado (Greis et al., 2023).

Eficiencia del mecanizado.

Relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos en un proceso de mecanizado, considerando factores como tiempo de producción, calidad del producto y consumo de herramientas (Luna & Lizarazo-Marriaga, 2025).

Corte espiral.

Tipo de mecanizado que implica una trayectoria helicoidal de la herramienta sobre la pieza, utilizado para generar geometrías complejas y mejorar la distribución de esfuerzos en el material (Gaitán-Bermúdez & Fonthal-Rivera, 2020).

1.4. Descripción del prototipo actual y final.

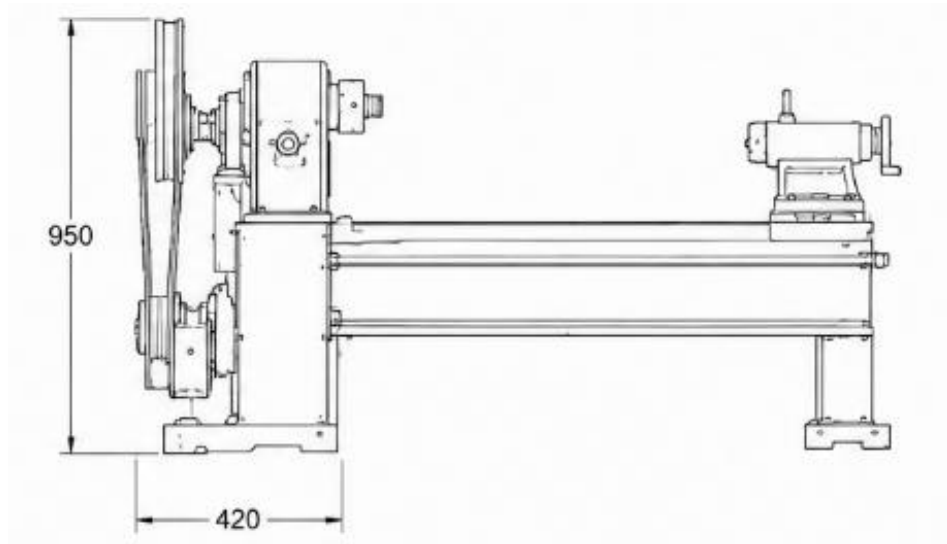
Prototipo actual.

El prototipo actual corresponde a un torno convencional construido sobre una estructura metálica de acero, compuesto por bancada, cabezal motriz, sistema de

transmisión por poleas y correas, contrapunto y soportes de sujeción para la pieza de trabajo. El equipo permite realizar operaciones básicas de torneado mediante el movimiento rotacional de la caña guadua, siendo accionado por un motor eléctrico ubicado en la parte inferior de la estructura.

Figura 7.

Prototipo actual del torno convencional.



Nota. Elaborado por los autores.

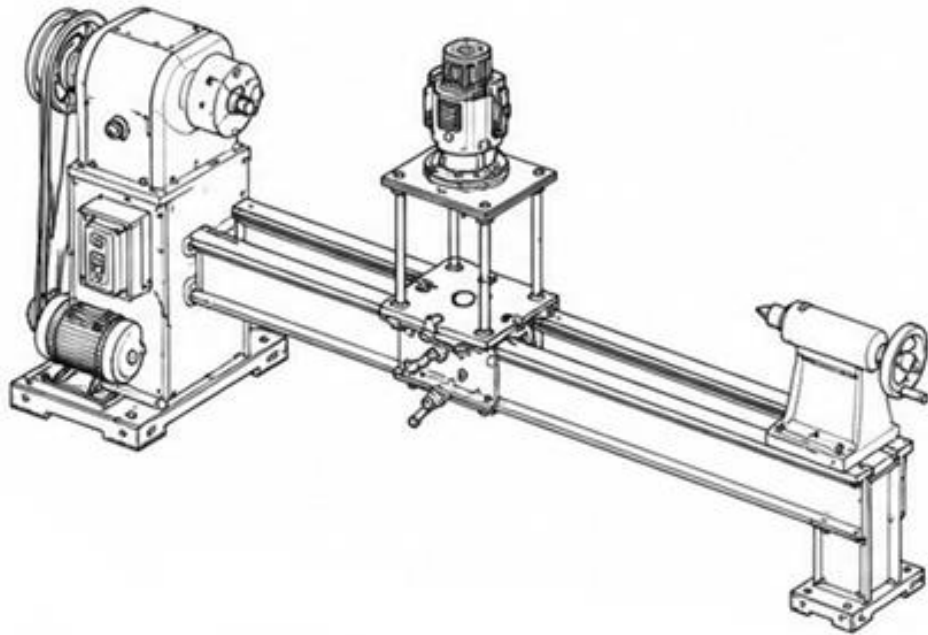
Asimismo, el sistema dispone de elementos mecánicos para el soporte y alineación de la pieza durante el mecanizado; sin embargo, no cuenta con un mecanismo especializado que permita ejecutar cortes espirales de manera automatizada o con elevados niveles de precisión. Debido a ello, las operaciones dependen en gran medida de la habilidad del operador, lo que puede generar variaciones en la uniformidad del corte y en la calidad superficial obtenida.

Prototipo final.

El prototipo final consiste en la adaptación de un router eléctrico incorporado al torno convencional mediante una estructura de soporte diseñada específicamente para su montaje, alineación y desplazamiento controlado durante el proceso de mecanizado. Esta integración permitirá combinar el movimiento rotacional de la pieza con la acción de corte del router para la generación de trayectorias helicoidales sobre la superficie de la caña guadua.

Figura 8.

Prototipo final con router incorporado.



Nota. Elaborado por los autores.

De igual manera, el sistema incorporará elementos de fijación, soporte estructural y mecanismos de ajuste que garanticen estabilidad, precisión y seguridad operativa. Con esta adaptación se espera optimizar el proceso de corte espiral, mejorar la calidad superficial del mecanizado, reducir errores de operación y obtener una mayor uniformidad en las dimensiones finales de las piezas procesadas. La implementación del prototipo busca mejorar el control del proceso de mecanizado, permitiendo establecer una trayectoria de corte más uniforme y repetitiva. Para ello, la estructura de soporte deberá mantener el router correctamente posicionado respecto al eje longitudinal de la pieza, evitando desplazamientos o vibraciones que puedan afectar la geometría final del corte. De esta manera, se pretende reducir la dependencia de la habilidad manual del operador y obtener resultados con mayor uniformidad entre las piezas procesadas.

Asimismo, el sistema de adaptación contempla elementos de sujeción y fijación que permiten mantener estable el router durante el funcionamiento del torno. Estos componentes son importantes debido a que durante el mecanizado se generan esfuerzos de corte y vibraciones que pueden modificar la posición de la herramienta y provocar desviaciones en la trayectoria. Por esta razón, la rigidez de la estructura constituye un factor fundamental para garantizar la precisión y seguridad durante las pruebas experimentales.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Enfoque de investigación.

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que permitió obtener y analizar datos medibles relacionados con el desempeño de la adaptación del torno con router incorporado, considerando variables como el tiempo de mecanizado, el funcionamiento del sistema y la calidad del corte espiral en caña guadua. Según Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018), el enfoque cuantitativo permite la recolección y análisis de datos medibles mediante procedimientos sistemáticos y estadísticos, con el propósito de evaluar objetivamente las variables de estudio y sustentar los resultados de la investigación.

El método inductivo facilitó el análisis de los principios técnicos asociados al mecanizado de la caña guadua y al funcionamiento del torno con router, a partir de información obtenida en investigaciones previas, permitiendo establecer criterios que sustentaron el diseño, la fabricación y las pruebas de funcionamiento de la adaptación desarrollada.

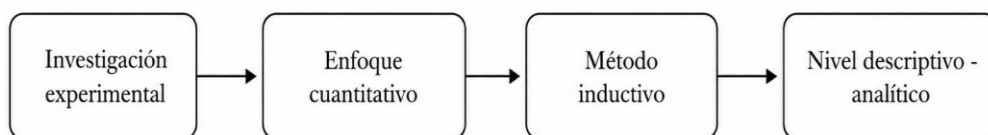
2.2. Diseño de investigación.

La presente investigación se desarrolló mediante un diseño experimental, debido a que permitió evaluar el funcionamiento de la adaptación del torno con router incorporado bajo condiciones controladas de operación. Para ello, se ejecutaron pruebas experimentales de corte espiral en caña guadua, registrando datos cuantificables relacionados con el desempeño del sistema durante el proceso de mecanizado. De acuerdo con Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018), el diseño experimental consiste en la manipulación de una o más variables independientes bajo condiciones controladas, con el propósito de analizar su efecto sobre las variables de estudio.

Posteriormente, la información obtenida fue organizada y analizada para evaluar el funcionamiento de la adaptación implementada y su desempeño durante el proceso de mecanizado. La Figura 9 presenta el esquema del diseño de investigación empleado.

Figura 9.

Esquema del diseño de investigación.



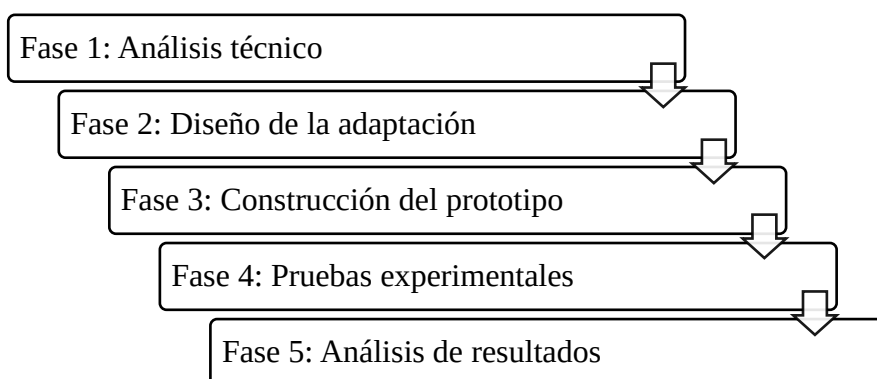
Nota. Elaborado por los autores en base a (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

2.3. Procedimiento metodológico

El procedimiento metodológico se estructuró en cinco fases secuenciales, las cuales permitieron desarrollar la adaptación del torno con router incorporado, ejecutar las pruebas experimentales y evaluar su incidencia en la optimización del corte espiral en caña guadua. En la Figura 10 se presenta el procedimiento metodológico de la presente investigación, cuyas fases se estructuran de manera secuencial con el fin de garantizar el desarrollo ordenado del estudio y el cumplimiento de los objetivos planteados. Cada una de estas fases integra actividades técnicas y metodológicas que contribuyen al desarrollo de la propuesta y a la obtención de evidencia para su evaluación.

Figura 10.

Proceso de desarrollo del prototipo.



Nota. Elaborado por los autores.

Fase 1: Análisis técnico.

Etapa 1. Revisión bibliográfica: La revisión bibliográfica consistió en la búsqueda, selección y análisis de literatura científica relacionada con el mecanizado de la caña guadua, sistemas de corte espiral, funcionamiento de tornos y aplicaciones de routers en procesos de manufactura. La revisión de literatura permite identificar el

estado actual del conocimiento, reconocer vacíos de investigación y establecer fundamentos sólidos para el desarrollo de nuevos estudios.

Etapa 2. Diagnóstico del sistema existente: El diagnóstico técnico permitió evaluar las condiciones operativas del torno disponible, identificando sus capacidades, limitaciones y posibilidades de adaptación. Esta etapa facilitó la comprensión de los requerimientos necesarios para mejorar el proceso de mecanizado y optimizar el corte espiral en caña guadua.

Etapa 3. Determinación de requerimientos técnicos: Se establecieron las especificaciones funcionales, mecánicas y operativas necesarias para el desarrollo de la adaptación propuesta. Esta etapa permitió definir criterios relacionados con estabilidad estructural, precisión de mecanizado, seguridad operativa y compatibilidad de componentes, elementos fundamentales para garantizar el correcto desempeño del sistema.

Fase 2: Diseño de la adaptación.

Etapa 1. Diseño conceptual: El diseño conceptual consistió en la generación y evaluación de alternativas para la adaptación del sistema. Durante esta etapa se definió la configuración general del mecanismo, considerando los principios de funcionamiento requeridos para la ejecución del corte espiral.

Etapa 2. Diseño mecánico: Se desarrollaron los elementos mecánicos necesarios para la integración del router con el torno, estableciendo dimensiones, configuraciones geométricas y criterios de ensamblaje. Esta etapa permitió garantizar la estabilidad y precisión requeridas durante el proceso de mecanizado.

Etapa 3. Selección de materiales y componentes: La selección de materiales y componentes se realizó considerando propiedades mecánicas, resistencia, disponibilidad y condiciones de operación. La adecuada selección de materiales constituye un factor determinante en el desempeño, seguridad y vida útil de los sistemas mecánicos.

Fase 3: Construcción del prototipo.

Etapa 1. Fabricación de componentes: Se elaboraron los elementos mecánicos diseñados para la adaptación, aplicando procesos de manufactura acordes

con las especificaciones técnicas establecidas. Además, se verificó que cada componente cumpliera con las dimensiones y características definidas en el diseño.

Etapas 2. Ensamblaje del sistema: Se integraron los diferentes componentes mecánicos, estructurales y de fijación necesarios para el funcionamiento del sistema adaptado. Esta etapa permitió asegurar la correcta interacción y acoplamiento entre los elementos que conforman el conjunto.

Etapas 3. Verificación operativa: Se realizaron pruebas preliminares para comprobar el correcto funcionamiento, estabilidad y seguridad del prototipo antes de la fase experimental. Asimismo, se identificaron posibles ajustes necesarios para optimizar el desempeño del sistema durante las pruebas de mecanizado.

Fase 4: Pruebas experimentales.

Etapas 1. Preparación de muestras: La preparación de muestras constituye una actividad fundamental en los procesos experimentales, ya que permite garantizar condiciones homogéneas de evaluación y reducir posibles sesgos asociados a las características físicas del material analizado. En esta etapa se seleccionaron y acondicionaron las muestras de caña guadua destinadas a las pruebas de mecanizado.

Etapas 2. Ejecución de pruebas de mecanizado: La experimentación representa el proceso mediante el cual se verifica el comportamiento real de una propuesta tecnológica bajo condiciones controladas. Durante esta etapa se realizaron los cortes espirales utilizando el torno adaptado con router incorporado para evaluar su funcionamiento y desempeño operativo.

Etapas 3. Recolección de datos: La recolección de datos se efectuó durante la ejecución de las pruebas experimentales, registrando información cuantificable correspondiente al funcionamiento de la adaptación del torno con router incorporado. Los datos obtenidos del proceso de mecanizado fueron organizados y analizados para evaluar el desempeño del sistema durante el corte espiral en caña guadua.

Fase 5: Análisis de resultados.

Etapas 1. Procesamiento de datos: El procesamiento de datos consiste en la organización, clasificación y sistematización de la información recopilada para

facilitar su análisis e interpretación. Esta actividad permitió estructurar los resultados obtenidos durante las pruebas de mecanizado. Además, facilitó la identificación de patrones y tendencias relevantes para la investigación.

Etapas 2. Evaluación del desempeño: En esta etapa se analizaron los resultados obtenidos durante las pruebas experimentales de corte espiral en caña guadua, a partir de la información registrada en cada ensayo. El análisis realizado permitió verificar el funcionamiento de la adaptación implementada y sustentar las conclusiones derivadas del desarrollo de la investigación.

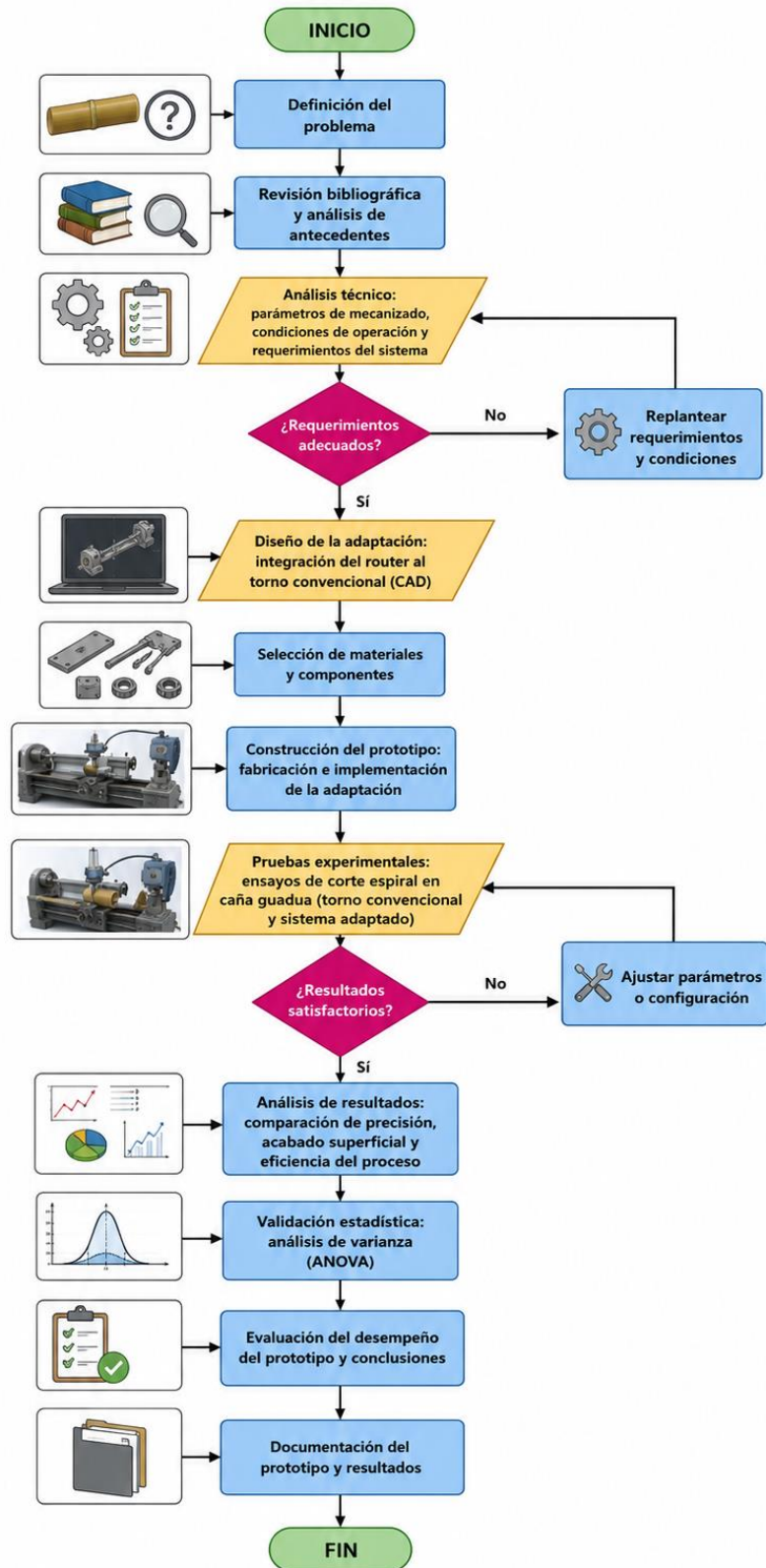
Etapas 3. Elaboración de conclusiones y recomendaciones: El análisis de los datos obtenidos durante las pruebas experimentales permitió sustentar las conclusiones de la investigación con base en la información recopilada. A partir de los resultados alcanzados, se formularon recomendaciones orientadas al mejoramiento del funcionamiento de la adaptación del torno con router incorporado y a su aplicación en futuros trabajos relacionados con el mecanizado de caña guadua.

El procedimiento desarrollado en la presente investigación permitió abordar de manera sistemática el proceso de adaptación de un torno convencional con router incorporado para la ejecución de cortes espirales en caña guadua. A través del análisis técnico, el diseño de la adaptación, la construcción del prototipo y la realización de pruebas experimentales, se obtuvo información relevante sobre el comportamiento y desempeño del sistema propuesto.

En la Figura 11 se presentó el diagrama de flujo correspondiente al proceso de adaptación del torno convencional con router incorporado, el cual permitió visualizar de manera secuencial las actividades desarrolladas durante la investigación. Este diagrama mostró las etapas relacionadas con la identificación de los requerimientos del sistema, el diseño de la adaptación mecánica, la selección de materiales y componentes, el montaje del router sobre el torno convencional, la verificación del funcionamiento del sistema, la ejecución de las pruebas experimentales y el análisis de los resultados obtenidos.

Figura 11.

Diagrama de flujo del proceso de adaptación.



Nota. Elaborado por los autores.

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

2.4.1 Métodos de recolección de los datos.

Método experimental:

El método experimental consiste en la aplicación de pruebas controladas en las cuales se manipulan condiciones específicas del proceso con el fin de analizar su comportamiento y evaluar los resultados obtenidos, permitiendo establecer relaciones de causa y efecto en sistemas de ingeniería. Según Cai et al., (2024), el método experimental en ingeniería se basa en la ejecución de ensayos diseñados para analizar cómo los parámetros de un proceso influyen en las propiedades mecánicas y el rendimiento del sistema, permitiendo optimizar condiciones de operación mediante datos medibles y verificables.

Método observacional:

El método observacional consiste en la recopilación de datos mediante la observación directa del fenómeno en su entorno real, sin intervenir en las condiciones del proceso, permitiendo analizar su comportamiento natural. Según Vizcaíno Zúñiga et al., (2023), la observación permite registrar de forma sistemática eventos y comportamientos tal como ocurren, siendo fundamental en estudios donde se analizan procesos en operación.

Método comparativo:

El método comparativo se basa en el análisis sistemático de dos o más condiciones o sistemas con el objetivo de identificar diferencias, similitudes y mejoras en su desempeño. De acuerdo con Santiago et al., (2020), la comparación permite evaluar fenómenos mediante la identificación de variaciones entre casos, siendo útil para establecer relaciones y validar mejoras en procesos.

Método analítico:

El método analítico consiste en descomponer un fenómeno en sus componentes fundamentales para estudiar sus partes de manera individual y comprender su funcionamiento integral. Según Sosa Compeán, (2024), el análisis permite interpretar datos y procesos mediante la identificación de relaciones entre sus elementos, facilitando la comprensión de sistemas complejos.

Elemento estructural del estudio:

El elemento estructural del estudio estuvo conformado por los participantes seleccionados como población objetivo de la investigación, además la recolección de datos se realizó mediante un cuestionario estructurado aplicado en el contexto institucional correspondiente y para garantizar la validez y confiabilidad del instrumento (Sampieri, 2018). En la figura 12 se muestra el elemento estructural del estudio el cual se basó en el proceso detallado para la recolección de datos de manera más directa y clara.

Figura 12.

Proceso de recolección de datos.

¿A quién está dirigido?	• Estudiantes e investigadores
¿Lugar de realización?	• Universidad Estatal Península de Santa Elena
¿Método de recolección?	• Observación y pruebas experimentales
¿Técnica de validación?	• Juicio de expertos - Software IBM SPSS

Nota. Elaborado por los autores.

2.4.2 Técnicas de recolección de los datos.

Técnica de encuesta.

La encuesta constituye una de las técnicas más utilizadas para la recopilación de información en investigaciones aplicadas, debido a que permite obtener de manera sistemática las percepciones, valoraciones y criterios de un grupo de participantes respecto a un fenómeno de estudio. Según Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018), la encuesta facilita la obtención de datos cuantificables mediante la aplicación de instrumentos estructurados que contribuyen al análisis y evaluación de variables previamente definidas. En la presente investigación se empleó la técnica de encuesta

mediante un cuestionario estructurado con preguntas cerradas bajo escala tipo Likert de cinco niveles de respuesta.

Las preguntas fueron organizadas en dimensiones relacionadas con el diseño y funcionalidad del sistema, precisión del mecanizado, calidad del corte, eficiencia operativa, seguridad, control del proceso, rendimiento técnico, viabilidad de implementación, impacto académico e institucional y optimización del proceso de mecanizado. La aplicación del instrumento permitió obtener información relevante para evaluar la pertinencia técnica y funcional de la propuesta desarrollada.

2.4.3. Procedimiento de validación del instrumento.

La validación del instrumento constituye una etapa fundamental dentro del proceso de investigación, ya que permite verificar la claridad, pertinencia y relevancia de los ítems que conforman el cuestionario. Según Elangovan & Sundaravel, (2021), la validación mediante juicio de expertos facilita la identificación de posibles deficiencias en el instrumento y contribuye a mejorar su capacidad para medir adecuadamente las variables de estudio.

En la presente investigación, el cuestionario fue sometido a la evaluación de especialistas con conocimientos en diseño mecánico, manufactura, procesos de mecanizado e investigación científica. Posteriormente, se analizaron las observaciones emitidas por los expertos y se realizaron los ajustes necesarios para obtener la versión final del instrumento. En la Figura 13 se presenta el procedimiento seguido para la validación del cuestionario utilizado en la investigación.

Figura 13.

Proceso de validación del instrumento.



Nota. Elaborado por los autores adaptado de Elangovan & Sundaravel, (2021)

Diseño del instrumento: Consistió en la elaboración inicial del cuestionario, definiendo las dimensiones, indicadores e ítems necesarios para evaluar la adaptación del torno con router incorporado. En esta etapa se formularon preguntas cerradas en

escala Likert orientadas a medir aspectos relacionados con la funcionalidad, precisión, eficiencia y viabilidad de la propuesta.

Revisión por expertos: El instrumento fue sometido a la evaluación de profesionales con experiencia en manufactura, diseño mecánico, mecanizado e investigación científica. Los especialistas analizaron la claridad, pertinencia, relevancia y coherencia de cada ítem con relación a los objetivos de la investigación.

Observaciones y ajustes: Se recopilaron y analizaron las observaciones emitidas por los expertos, identificando posibles mejoras en la redacción, estructura y contenido de las preguntas. Posteriormente, se realizaron las modificaciones necesarias para fortalecer la calidad metodológica del instrumento.

Instrumento validado: Corresponde a la versión final del cuestionario una vez incorporadas las recomendaciones de los expertos. Esta versión cumple con los criterios de claridad, pertinencia y relevancia requeridos para su aplicación en el proceso de recolección de datos de la investigación.

2.4.4. Instrumentos de recolección de los datos.

Para la obtención de los datos experimentales se utilizaron instrumentos que permitieron medir y registrar las variables involucradas en el proceso de mecanizado de la caña guadua mediante un torno convencional adaptado con router incorporado.

Calibrador Vernier: empleado para medir diámetros, profundidades de corte y dimensiones finales. Este instrumento permitió verificar la precisión dimensional obtenida en cada ensayo y comparar los resultados con las medidas establecidas en el diseño del corte espiral.

Cronómetro digital: utilizado para registrar los tiempos de mecanizado durante cada ensayo experimental. La información recopilada permitió evaluar la eficiencia operativa del sistema adaptado y determinar el tiempo requerido para la ejecución de cada proceso de corte.

Ficha de registro de datos: diseñada para recopilar información relacionada con las variables de estudio, tales como velocidad de rotación, profundidad de corte, tiempo de operación y dimensiones obtenidas. Este instrumento facilitó la

organización sistemática de la información experimental para su posterior procesamiento y análisis estadístico mediante ANOVA.

Guía de observación técnica: utilizada para registrar aspectos relacionados con la estabilidad del sistema, presencia de vibraciones, comportamiento de la herramienta de corte y condiciones operativas durante el mecanizado. Asimismo, permitió documentar eventos o situaciones que pudieran influir en los resultados experimentales y en el desempeño del torno convencional adaptado con router incorporado.

Registro fotográfico: empleado para documentar el proceso de adaptación del torno convencional, la ejecución de las pruebas experimentales y los resultados obtenidos en la caña guadua. Este instrumento proporcionó evidencia visual del desarrollo de la investigación y facilitó la verificación de las actividades realizadas durante cada etapa del proyecto.

2.5. Variables de estudio.

Según Arroyo Valenciano, (2021), las variables constituyen un elemento esencial del método científico porque ayudan a obtener resultados válidos y confiables en una investigación.

- **Variables dependientes:** Optimización del corte espiral.
- **Variables independientes:** Adaptación de torno con router.

2.6. Procedimiento para la recolección de los datos.

La recolección de datos se desarrolló mediante un conjunto de actividades organizadas, las cuales permitieron evaluar el desempeño del torno adaptado con router durante el proceso de corte espiral en caña guadua. Para obtener resultados confiables y precisos, el procedimiento se dividió en las siguientes etapas:

a) Preparación del equipo.

En esta etapa se realizó la revisión general del torno convencional y del router incorporado, verificando el estado de las guías, pernos y elementos de fijación. Asimismo, se efectuó la limpieza de las superficies de apoyo con el propósito de evitar

desviaciones durante el mecanizado. Posteriormente, se instaló el soporte metálico diseñado para el router y se comprobó la correcta alineación entre la fresa y el eje central de la pieza de guadua; además, el sistema fue puesto en funcionamiento sin carga durante aproximadamente cinco minutos, permitiendo identificar posibles vibraciones, desajustes mecánicos o calentamientos anormales antes de iniciar las pruebas.

b) Ejecución de las pruebas experimentales.

Las pruebas de corte espiral se desarrollaron bajo condiciones controladas de operación, manteniendo constantes la velocidad de giro del torno, la herramienta de corte y los parámetros de mecanizado previamente establecidos. Para la ejecución de los ensayos se utilizó un motor trifásico de 1 HP controlado mediante un variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20, que permitió mantener una velocidad de operación aproximada de 1750 RPM durante el proceso de mecanizado. En cada ensayo se registró el tiempo de ejecución del corte espiral y se verificó el funcionamiento del sistema adaptado, observando aspectos relacionados con la estabilidad del conjunto, la repetibilidad del proceso y la calidad del acabado superficial obtenido. Posteriormente, la información recopilada fue organizada para su análisis estadístico y la evaluación del desempeño del prototipo.

c) Verificación y registro de resultados.

Una vez finalizado el mecanizado, las piezas fueron retiradas para realizar la inspección correspondiente, evaluando la uniformidad y continuidad de la espiral. Las mediciones se efectuaron en el inicio, parte central y extremo final de cada probeta, verificando la profundidad y constancia del corte; asimismo, se observó el estado superficial de la fibra de guadua con el propósito de identificar posibles astillamientos o irregularidades. Toda la información recopilada fue registrada de manera inmediata en fichas técnicas de control y posteriormente organizada en tablas digitales para facilitar su análisis e interpretación.

2.7. Plan de análisis e interpretación de resultados.

La Tabla 2 presenta la relación entre los objetivos específicos de la investigación y los elementos metodológicos utilizados para su desarrollo.

Tabla 2.*Relación entre los objetivos específicos de la investigación.*

Objetivos específicos	Método	Instrumento	Resultados
OE1: Realizar un estado del arte, mediante una revisión de la literatura basada en estudios relevantes sobre mecanizado de caña guadua, funcionamiento del torno y uso del router, que permita la identificación de métodos, herramientas y requerimientos técnicos para el corte espiral.	Revisión bibliográfica y análisis técnico	Artículos científicos, tesis, manuales técnicos y fichas de análisis documental	Identificación de requerimientos técnicos para el corte espiral
OE2: Establecer un marco metodológico que estructure de manera secuencial las etapas del diseño, fabricación y ensamblaje de la adaptación del torno con router incorporado, desde los requerimientos técnicos hasta las pruebas de funcionamiento del sistema.	Diseño mecánico y metodología experimental	Software CAD, planos técnicos y herramientas de medición	Desarrollo de la metodología y diseño de adaptación
OE3: Evaluar el funcionamiento de la adaptación del torno con router incorporado mediante la ejecución de pruebas experimentales de corte espiral en caña guadua, considerando los resultados obtenidos durante el proceso de mecanizado.	Pruebas experimentales y observación directa	Cronómetro, calibrador vernier, fichas técnicas.	Verificación del desempeño del sistema adaptado

Nota. Elaborado por los autores.

En esta tabla se detallan los métodos, instrumentos, resultados esperados e indicadores considerados en cada etapa del estudio, permitiendo establecer una organización clara del proceso investigativo. Asimismo, la tabla facilita la comprensión de cómo se obtendrán y evaluarán los datos relacionados con la adaptación del torno con router incorporado para optimizar el corte espiral en caña guadua. La Tabla 2 permite evidenciar la correspondencia existente entre los objetivos específicos planteados y las actividades metodológicas desarrolladas durante la investigación. Esta relación garantiza que cada objetivo cuente con un procedimiento definido para su cumplimiento, evitando que las actividades experimentales se desarrollen de manera aislada. En este sentido, para el primer objetivo se realizó una revisión bibliográfica y un análisis documental, lo que permitió establecer los fundamentos técnicos relacionados con el mecanizado y la adaptación del torno convencional para la ejecución del corte espiral.

De igual manera, el segundo objetivo se orientó al diseño y desarrollo de la adaptación mecánica, considerando tanto las características del torno disponible como los requerimientos necesarios para obtener el movimiento coordinado entre los elementos involucrados en el proceso. Para ello, se emplearon herramientas de diseño y medición que permitieron definir las dimensiones y condiciones necesarias para la fabricación y ensamblaje del sistema.

2.8. Operacionalización de las variables.

En este anexo F se presenta la operacionalización de la variable dependiente denominada optimización del corte espiral en caña guadua, la cual se estructura a partir de dimensiones relacionadas con los parámetros de corte, la uniformidad de la espiral, la precisión del mecanizado, la calidad superficial y la eficiencia del proceso.

En este anexo G se detalla la operacionalización de la variable independiente correspondiente a la adaptación del torno con router incorporado, considerando aspectos relacionados con la adaptación mecánica, el funcionamiento operativo, la precisión del mecanizado y la eficiencia del sistema. La matriz permite identificar los indicadores necesarios para evaluar el comportamiento del prototipo, entre ellos la alineación del router con el eje del torno, la estabilidad estructural, la velocidad de rotación, la presencia de vibraciones, la exactitud del corte y la continuidad del proceso.

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Marco de resultados.

Con base en la metodología descrita en el capítulo II, se desarrolló la adaptación de un torno con router incorporado para la optimización del corte espiral en caña guadua. La aplicación de las fases metodológicas establecidas permitió diseñar, construir y evaluar el sistema propuesto, obteniendo información relevante sobre su funcionamiento, desempeño y viabilidad técnica. En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de las pruebas experimentales y de la validación realizada por especialistas. El análisis de la información recopilada permitió determinar el nivel de cumplimiento de los objetivos planteados, así como evaluar la contribución de la adaptación propuesta en la mejora del proceso de mecanizado y corte espiral en caña guadua.

3.1.1. Validación de la propuesta.

La validación del instrumento se realizó mediante el criterio de expertos, con la finalidad de verificar la claridad, pertinencia y relevancia de los ítems que conforman el cuestionario diseñado para evaluar la adaptación de un torno con router incorporado para la optimización del corte espiral en caña guadua. Para ello, se empleó una escala tipo Likert de cinco niveles de valoración: 1) Totalmente en desacuerdo, 2) En desacuerdo, 3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4) De acuerdo y 5) Totalmente de acuerdo.

El proceso de validación se desarrolló siguiendo las etapas descritas en la Figura 13, las cuales comprendieron el diseño del instrumento, la revisión por expertos, el análisis de observaciones y ajustes, y la obtención de la versión final validada del cuestionario.

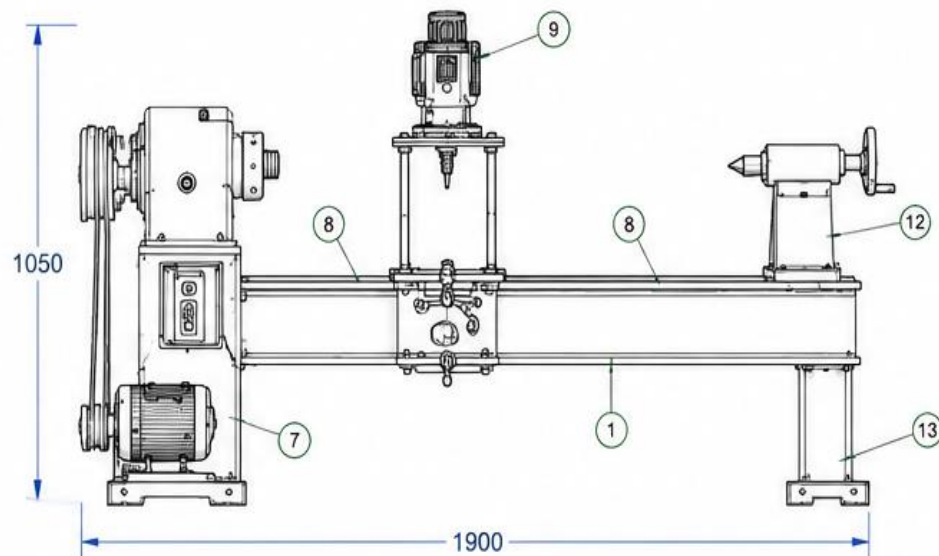
Paso 1. Diseño del instrumento.

Como parte del proceso de validación, se presentó a los expertos el diseño de la adaptación del torno con router incorporado desarrollado en AutoCAD. La visualización del modelo permitió a los especialistas analizar las características

estructurales, funcionales y operativas de la propuesta antes de emitir sus criterios de evaluación. De esta manera, se garantizó que las respuestas proporcionadas en el instrumento estuvieran fundamentadas en el conocimiento del sistema diseñado y en su posible aplicación para la optimización del corte espiral en caña guadua. En la Figura 14 se presenta el diseño preliminar de la adaptación propuesta, el cual sirvió como referencia para el proceso de validación por expertos.

Figura 14.

Diseño de la adaptación del torno con router incorporado.



Nota. Elaborado por los autores mediante AutoCAD.

3.1.2. Valoración del contenido de la propuesta.

Paso 2. Revisión por expertos.

Una vez presentado el diseño de la adaptación del torno con router incorporado, se procedió a la revisión por parte de expertos con experiencia en áreas relacionadas con diseño mecánico, manufactura, mecanizado e investigación aplicada. El objetivo de esta etapa fue obtener una valoración técnica sobre la propuesta desarrollada y verificar la pertinencia de los ítems incluidos en el instrumento de evaluación. Los especialistas analizaron el diseño presentado y posteriormente emitieron sus criterios mediante el cuestionario estructurado, considerando aspectos relacionados con la funcionalidad del sistema, precisión del mecanizado, calidad del corte, eficiencia operativa, seguridad, estabilidad estructural, control del proceso, rendimiento técnico e impacto de la propuesta. La participación de los expertos permitió identificar

oportunidades de mejora y fortalecer la calidad técnica del instrumento utilizado en la investigación (anexo H). En la Tabla 3 se presentan las características profesionales de los expertos que participaron en el proceso de validación.

Tabla 3.

Características de los expertos seleccionados.

N.º	Formación académica	Especialidad	Experiencia
Experto 1	Ingeniería Industrial	PhD en Ciencias Ambientales	36 años
Experto 2	Ingeniería Industrial	Magíster en Gerencia Educativa	15 años
Experto 3	Ingeniería Mecánica	Magíster en Ciencias Térmicas	12 años
Experto 4	Ingeniero Químico	Magíster en Gestión ambiental	10 años

Nota. Elaborado por los autores.

Paso 3. Observaciones y ajustes.

Una vez concluida la revisión del diseño y del instrumento de evaluación, se recopilaron las observaciones emitidas por los expertos con el propósito de identificar posibles mejoras en la propuesta desarrollada. Las recomendaciones estuvieron orientadas principalmente a la claridad de algunos ítems, la relación entre las dimensiones evaluadas y los objetivos de la investigación, así como aspectos técnicos asociados al funcionamiento del sistema adaptado.

Posteriormente, se realizó un análisis de cada una de las observaciones recibidas, determinando su pertinencia y aplicación dentro del instrumento. Como resultado, se efectuaron ajustes orientados a mejorar la redacción de determinadas preguntas, fortalecer la comprensión de los criterios de evaluación y garantizar una mayor coherencia entre las dimensiones propuestas y las características técnicas del torno con router incorporado. En la Tabla 4 se presentan las principales observaciones realizadas por los expertos y las acciones implementadas para su corrección.

Tabla 4.*Observaciones y ajustes realizados al instrumento.*

Experto	Observación	Ajuste realizado
Experto 1	Mejorar la precisión técnica de algunos ítems.	Se reformularon las preguntas utilizando terminología más específica.
Experto 2	Incorporar aspectos relacionados con el impacto académico de la propuesta.	Se incluyeron preguntas orientadas al beneficio institucional y académico.
Experto 3	Reducir la ambigüedad en ciertos enunciados.	Se ajustó la redacción para facilitar la comprensión de los ítems.
Experto 4	Fortalecer la relación entre indicadores y objetivos de investigación.	Se revisó la estructura del instrumento para mejorar su coherencia metodológica.

Nota. Elaborado por los autores.**Paso 4. Instrumento validado.**

Una vez incorporadas las observaciones realizadas por los expertos, se procedió a la valoración final del instrumento. Los especialistas evaluaron cada uno de los ítems considerando criterios de claridad, pertinencia y relevancia mediante una escala tipo Likert de cinco niveles de valoración. Los resultados obtenidos permitieron determinar el grado de aceptación del cuestionario para su aplicación en la investigación. En la Tabla 5 se presentan los resultados consolidados de la validación realizada por los expertos.

Tabla 5.*Resultados de la validación del instrumento*

Experto	Valoración obtenida (%)	Nivel de aceptación
Experto 1	95 %	Muy aceptable

Experto 2	90 %	Muy aceptable
Experto 3	92 %	Muy aceptable
Experto 4	88 %	Aceptable

Nota. Elaborado por los autores.

A partir de los resultados obtenidos, se determinó un promedio general de aceptación del 91,25 %, evidenciando que el instrumento presenta niveles adecuados de claridad, pertinencia y coherencia respecto a los objetivos de la investigación. Estos resultados permitieron considerar el cuestionario como válido para su aplicación en la evaluación de la adaptación del torno con router incorporado para la optimización del corte espiral en caña guadua.

Fase 1: Análisis técnico.

Etapla 1. Revisión bibliográfica.

Se realizó una revisión bibliográfica de 30 artículos científicos publicados entre los años 2020 y 2026, relacionados con mecanizado de materiales, sistemas CNC, routers, corte espiral, manufactura asistida por computadora e implementación de tecnologías de automatización. Como resultado, se determinó que el 86,67 % de las investigaciones utilizaron metodología cuantitativa, el 10 % metodología mixta y el 3,33 % metodología cualitativa.

Etapla 2. Diagnóstico del torno convencional.

Durante la inspección se verificó el estado de la bancada, eje principal, rodamientos, poleas, correas y motor eléctrico, observándose que los componentes se encontraban en condiciones adecuadas de funcionamiento. Asimismo, se identificó que la estructura presenta la rigidez necesaria para soportar la incorporación del sistema propuesto sin comprometer la estabilidad operativa del equipo.

Tabla 6.

Diagnóstico técnico del torno convencional.

Elemento evaluado	Criterio de evaluación	Resultado obtenido	Estado
------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	---------------

Estructura principal	Integridad estructural	Sin deformaciones visibles	Adecuado
Bancada metálica	Estabilidad mecánica	Estructura estable	Adecuado
Eje principal	Movimiento rotacional	Giro uniforme	Adecuado
Rodamientos	Presencia de holguras	Sin holguras significativas	Adecuado
Sistema de poleas	Transmisión de potencia	Funcionamiento normal	Adecuado
Correas de transmisión	Estado físico	Tensión adecuada	Adecuado
Motor eléctrico	Operatividad	Funcionamiento continuo	Adecuado
Espacio para adaptación	Disponibilidad de montaje	Espacio suficiente	Factible
Soportes mecánicos	Resistencia estructural	Condiciones favorables	Adecuado
Sistema general	Factibilidad de adaptación	Viable para implementación	Aprobado

Nota. Elaborado por los autores

Con el propósito de respaldar los resultados obtenidos durante el diagnóstico técnico, se realizó una inspección visual del torno convencional utilizado en la investigación. Esta actividad permitió verificar el estado general de los componentes mecánicos, la disposición estructural del equipo y las condiciones existentes para la incorporación de la adaptación propuesta.

En la Figura 15 se observa el torno convencional utilizado para el desarrollo de la investigación, el cual está conformado por una estructura metálica principal, sistema de transmisión mediante poleas y correas, motor eléctrico, eje principal y elementos de soporte para la pieza de trabajo. Durante la inspección se verificó que los

componentes se encontraban en condiciones operativas adecuadas, permitiendo el funcionamiento estable del equipo.

Figura 15.

Torno convencional utilizado para el diagnóstico técnico.



Nota. Registro Fotográfico.

Etapas 3. Determinación de requerimientos técnicos.

Como resultado de esta etapa, se determinaron las especificaciones técnicas que servirían como base para el diseño del prototipo final, permitiendo seleccionar los materiales adecuados y establecer los parámetros de funcionamiento requeridos para la ejecución del corte espiral en caña guadua.

Tabla 7.

Requerimientos técnicos para el diseño de la adaptación.

Requerimiento	Descripción	Finalidad
Estabilidad estructural	Estructura capaz de soportar cargas y vibraciones durante el mecanizado.	Garantizar seguridad y precisión.
Precisión dimensional	Mantener la alineación entre router y pieza de trabajo.	Obtener cortes uniformes.
Compatibilidad mecánica	Adaptación compatible con la estructura existente del torno.	Facilitar la instalación.

Facilidad de montaje	Sistema desmontable y ajustable.	Simplificar mantenimiento.
Seguridad operativa	Incorporación de elementos de fijación y soporte.	Reducir riesgos durante la operación.
Resistencia mecánica	Materiales con capacidad para soportar esfuerzos de trabajo.	Aumentar la vida útil del sistema.

Nota. Elaborado por los autores.

En la Tabla 8 se presentan los materiales seleccionados para los componentes principales del sistema de adaptación del router al torno convencional.

Tabla 8.

Selección preliminar de materiales.

Componente	Material seleccionado	Justificación
Soporte del router	Acero ASTM A36	Buena resistencia mecánica y facilidad de soldadura.
Base de fijación	Acero ASTM A36	Rigidez estructural adecuada.
Pernos de unión	Acero grado 8.8	Alta resistencia a esfuerzos mecánicos.
Elementos de ajuste	Acero galvanizado	Protección frente a la corrosión.

Nota. Elaborado por los autores.

Normativas y criterios técnicos considerados para el diseño.

Con el propósito de garantizar la confiabilidad, seguridad y funcionalidad de la adaptación propuesta, durante la definición de los requerimientos técnicos se consideraron criterios de diseño mecánico, selección de materiales y seguridad industrial respaldados por normas y estándares de ingeniería ampliamente utilizados en el ámbito manufacturero. Estas referencias permitieron establecer parámetros técnicos para el dimensionamiento de los componentes, la selección de materiales

estructurales y las condiciones de operación del sistema. En la Tabla 9 se presentan las principales normativas consideradas como referencia para el desarrollo del diseño.

Tabla 9.

Normativas consideradas para el diseño de la adaptación.

Norma	Aplicación
ASTM A36	Especificaciones para acero estructural utilizado en soportes y elementos de fijación.
ISO 2768	Tolerancias generales para fabricación y mecanizado de componentes mecánicos.
ISO 12100	Principios generales para el diseño seguro de maquinaria.
ANSI B11	Requisitos de seguridad aplicables a máquinas-herramienta.

Nota. Elaborado por los autores.

Las normativas consideradas permitieron establecer lineamientos técnicos para el desarrollo de la adaptación mecánica, contribuyendo a la selección adecuada de materiales, al cumplimiento de criterios de seguridad y a la definición de parámetros de fabricación acordes con las exigencias del proceso de mecanizado. Su aplicación sirvió como referencia para garantizar que el diseño propuesto presente condiciones apropiadas de resistencia, estabilidad y funcionamiento.

Fase 2: Diseño de la adaptación.

Etapla 1. Diseño conceptual.

El diseño conceptual permitió visualizar de manera preliminar la interacción entre los componentes del sistema y verificar la factibilidad de la adaptación antes de proceder al modelado detallado. Además, sirvió como base para la definición de las dimensiones y características constructivas de los elementos mecánicos que conforman la propuesta.

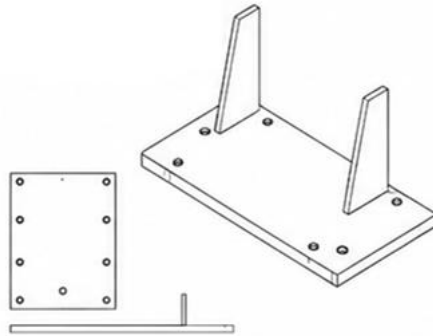
Base de fijación del módulo porta-router.

La base de fijación constituye el elemento estructural principal del sistema de adaptación del router al torno. Su función consiste en proporcionar un soporte estable

que permita anclar el conjunto sobre la bancada existente mediante uniones atornilladas, evitando realizar modificaciones permanentes en la estructura del equipo. Como se observa en la Figura 16, la placa base incorpora refuerzos laterales que incrementan la rigidez del sistema y garantizan una adecuada distribución de las cargas generadas durante el proceso de corte espiral de la caña guadua.

Figura 16.

Base de fijación del módulo porta-router.



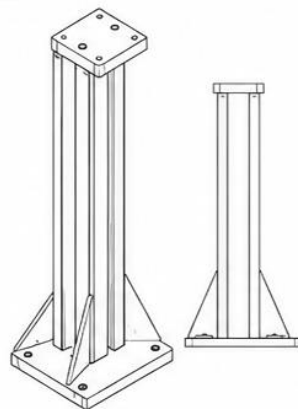
Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

Columna vertical de soporte.

La columna vertical tiene como finalidad sostener el mecanismo de regulación y el router, proporcionando la altura necesaria para posicionar correctamente la herramienta de corte sobre la pieza de trabajo. En la estructura presentada se emplean perfiles metálicos reforzados con placas triangulares que aumentan la resistencia frente a esfuerzos de flexión y vibraciones. La Figura 17 muestra la configuración propuesta para este componente, diseñada para ofrecer estabilidad durante el mecanizado.

Figura 17.

Columna vertical de soporte.



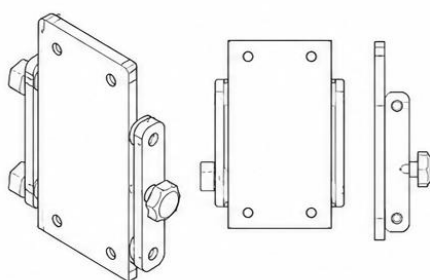
Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

Soporte deslizante.

El soporte deslizante corresponde al mecanismo encargado de permitir el desplazamiento vertical del router sobre la columna de soporte. Su diseño facilita el ajuste de la profundidad de corte mediante un movimiento controlado y preciso, asegurando que la herramienta permanezca alineada durante toda la operación. En la Figura 18 se aprecia la placa deslizante con sus elementos de fijación, los cuales garantizan un movimiento uniforme y minimizan posibles holguras.

Figura 18.

Soporte deslizante.



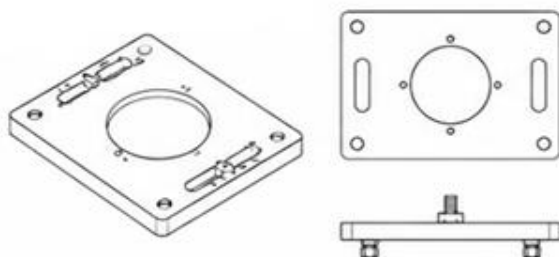
Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

Placa porta-router.

La placa porta-router fue diseñada para alojar y sujetar el router mediante un sistema de abrazadera, permitiendo una instalación segura y un reemplazo sencillo cuando sea necesario. Además, incorpora perforaciones destinadas al montaje sobre el soporte deslizante, facilitando el ensamblaje del conjunto. Como puede observarse en la Figura 19, el diseño busca distribuir adecuadamente los esfuerzos generados por la herramienta durante el proceso de mecanizado.

Figura 19.

Placa porta-router



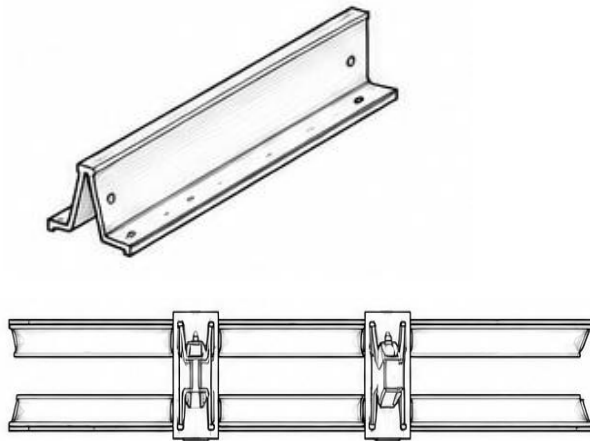
Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

Ángulos de guía de la adaptación.

En la Figura 20 se muestran los ángulos de guía de la adaptación, los cuales fueron instalados longitudinalmente sobre la bancada del torno convencional. Estos elementos permiten el desplazamiento de la estructura principal, manteniendo el alineamiento y la estabilidad del sistema durante el proceso de mecanizado.

Figura 20.

Ángulos de guía de la adaptación.



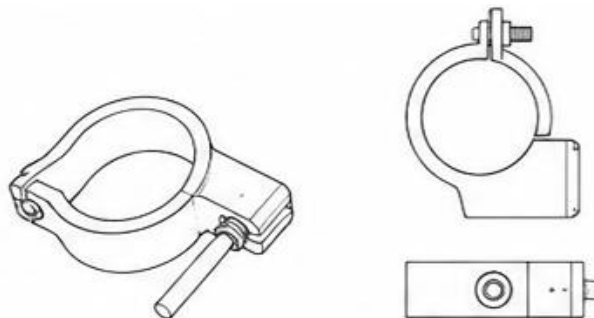
Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

Abrazadera para router.

La abrazadera constituye el componente encargado de sujetar firmemente el cuerpo cilíndrico del router, evitando desplazamientos durante el funcionamiento. En la Figura 21 se presenta el diseño propuesto, el cual incorpora un sistema de apriete mediante tornillo que facilita tanto el montaje como el desmontaje del router.

Figura 21.

Abrazadera para router.



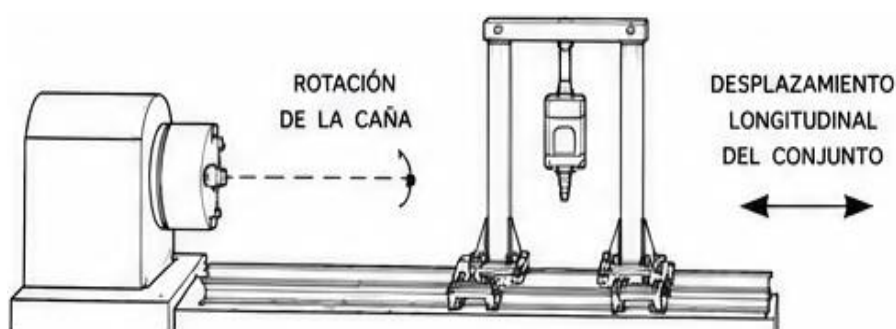
Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

Vista ensamblada del módulo porta-router.

Una vez integrados todos los componentes diseñados, se obtiene el módulo porta-router completamente ensamblado. En la Figura 22 se observa la interacción entre la base, la columna, el soporte deslizante, el sistema de regulación y la abrazadera, evidenciando el funcionamiento integral del mecanismo.

Figura 22.

Vistas principales del conjunto.



Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

Proceso y funcionamiento.

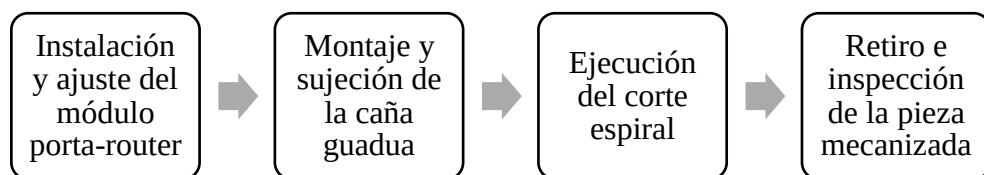
El funcionamiento del prototipo diseñado para el corte espiral de la caña guadua inicia con la instalación del módulo porta-router sobre la bancada del torno, donde se fija mediante un sistema de pernos que garantiza la estabilidad del conjunto durante la operación. Posteriormente, se monta el router en la abrazadera diseñada para sujetarlo firmemente y se realiza la regulación de la altura mediante el mecanismo de ajuste vertical, permitiendo establecer la profundidad de corte de acuerdo con las dimensiones de la guadua y las características de la espiral requerida.

Una vez configurado el sistema, la caña guadua se coloca entre el cabezal motriz y el contrapunto del torno, asegurando su correcta alineación para evitar desviaciones durante el mecanizado. Al poner en funcionamiento el torno, la pieza comienza a girar de manera uniforme, mientras el router realiza el proceso de corte sobre su superficie. El desplazamiento longitudinal del conjunto o de la pieza, según el mecanismo implementado, genera la trayectoria helicoidal necesaria para obtener el corte espiral de forma continua y uniforme.

Durante toda la operación, la estructura del módulo porta-router proporciona la rigidez suficiente para minimizar vibraciones y mantener la estabilidad de la herramienta de corte, favoreciendo un acabado homogéneo en la superficie de la guadua. Finalizado el proceso de mecanizado, se detiene el funcionamiento del torno y del router, se retira la pieza trabajada y se verifica la calidad del corte obtenido, quedando lista para las etapas posteriores de acabado o utilización. La Figura 23 presenta la conceptualización del funcionamiento general del prototipo diseñado.

Figura 23.

Conceptualización del funcionamiento del prototipo.



Nota. Elaborado por los autores.

La selección realizada permitió disponer de materiales con propiedades adecuadas para soportar las cargas generadas durante el mecanizado. El uso de acero ASTM A36 en los elementos estructurales proporciona la rigidez necesaria para minimizar vibraciones, mientras que los elementos de fijación garantizan un ensamblaje seguro y estable del sistema.

Como resultado de esta fase se obtuvo el diseño definitivo de la adaptación mecánica, incluyendo la configuración estructural, dimensiones generales, materiales seleccionados y disposición de los componentes. Esta información constituyó la base para la construcción e implementación del prototipo en la siguiente fase del proyecto.

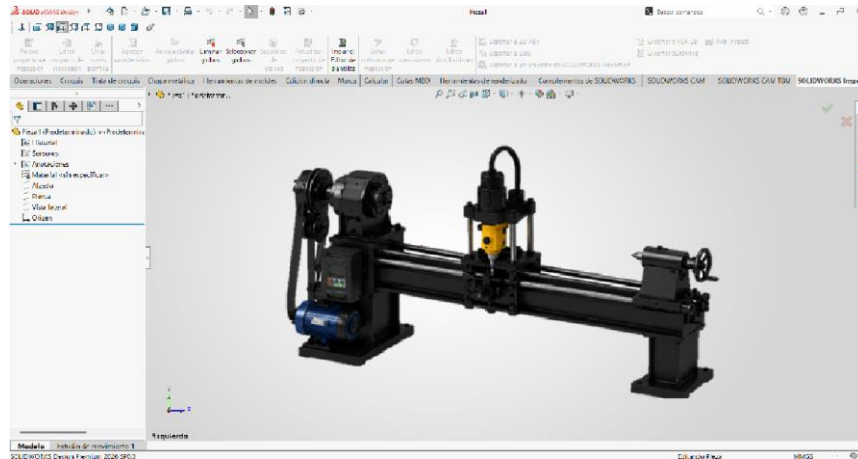
Etapas 2. Diseño mecánico.

Posteriormente, se desarrolló el diseño mecánico de la adaptación utilizando herramientas de diseño asistido por computadora (CAD). Durante esta etapa se definieron las dimensiones de los componentes estructurales, los puntos de fijación, la geometría de los soportes y los elementos de unión requeridos para integrar el router al torno convencional. El diseño fue elaborado considerando criterios de resistencia mecánica, estabilidad estructural y facilidad de ensamblaje, con el objetivo de

garantizar un funcionamiento seguro y preciso durante la ejecución de cortes espirales en caña guadua.

Figura 24.

Modelo tridimensional del sistema de adaptación.



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

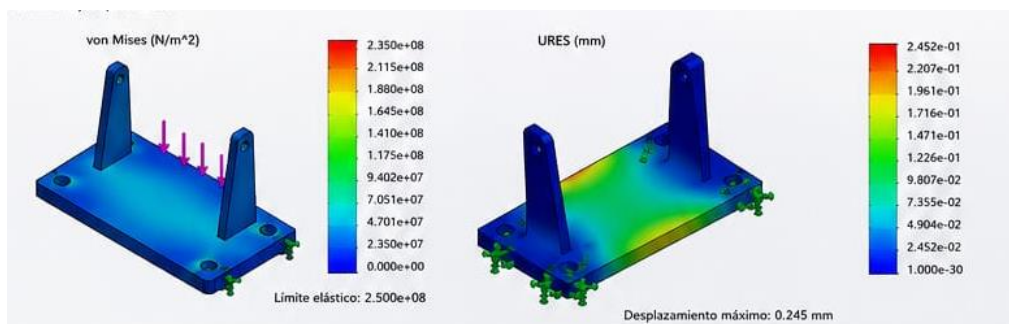
Simulación.

Análisis estático de la base de fijación.

La Figura 25 presenta el análisis estático realizado a la base de fijación del módulo porta-router mediante SolidWorks Simulation. Se aplicó una carga vertical equivalente al peso transmitido por el sistema, mientras que las zonas de anclaje permanecieron restringidas. Los resultados muestran que los mayores esfuerzos se concentran en la unión entre la placa base y los refuerzos verticales; sin embargo, estos permanecen dentro del límite elástico del material ASTM A36, garantizando un funcionamiento seguro.

Figura 25.

Análisis estático de la base de fijación.

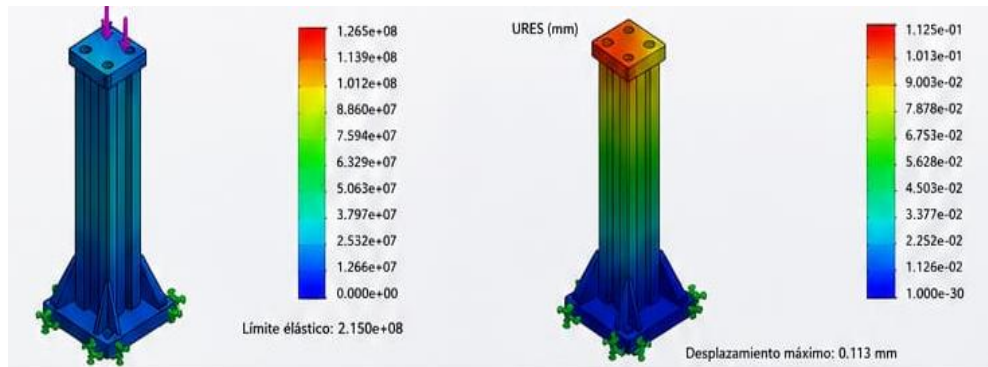


Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software SolidWorks.

Análisis estático de la columna vertical.

Figura 26.

Análisis estático de la columna vertical.



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

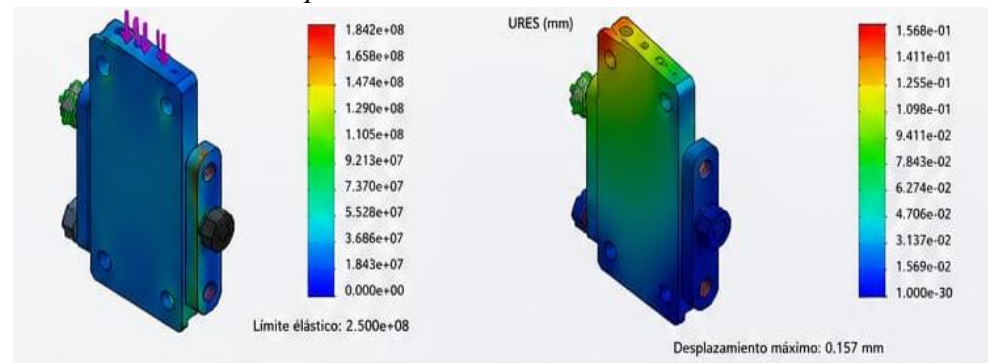
La Figura 26 muestra la distribución de esfuerzos y desplazamientos en la columna vertical. La carga fue aplicada axialmente sobre la parte superior, simulando las condiciones normales de trabajo. Se observa que la mayor deformación ocurre en el extremo superior, mientras que la base permanece completamente fija, evidenciando una adecuada rigidez estructural.

Análisis estático del soporte deslizante.

En la Figura 27 se presenta el análisis del soporte deslizante encargado de sostener el router durante el mecanizado. Los resultados indican que las mayores tensiones se localizan alrededor de los orificios de fijación y en las zonas de contacto con el sistema de guiado. No obstante, los valores obtenidos permanecen dentro del rango admisible para el material empleado.

Figura 27.

Análisis estático del soporte deslizante.

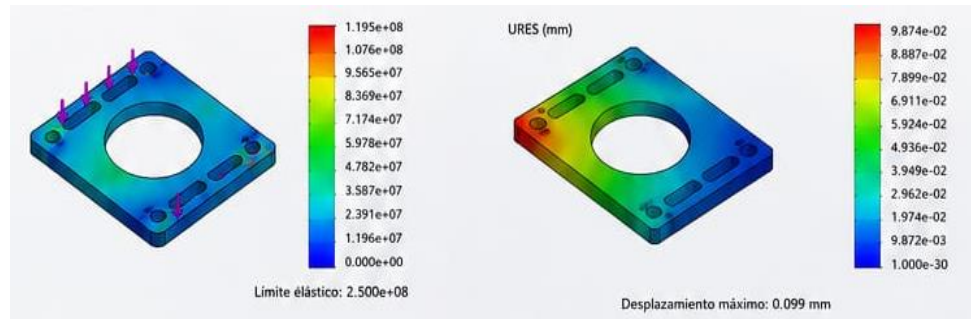


Nota. Elaborado por los autores, basado en el Software SolidWorks.

Análisis estático de la placa porta-router.

Figura 28.

Análisis estático de la placa porta-router.



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

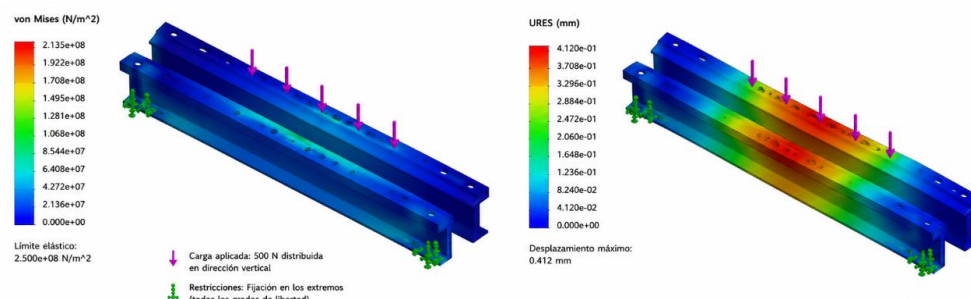
La Figura 28 corresponde al análisis estático de la placa porta-router. Se aplicó una carga representativa del peso del router y de las fuerzas generadas durante el proceso de corte. La distribución de esfuerzos evidencia una concentración moderada alrededor del orificio central y de las ranuras de fijación, sin comprometer la resistencia mecánica de la pieza.

Análisis estático de los ángulos de guía de la adaptación.

En la Figura 29 se presentan los resultados del análisis estático realizado a los ángulos de guía de la adaptación mediante el método de elementos finitos. La simulación permitió evaluar la distribución de esfuerzos equivalentes de von Mises y el desplazamiento total generado bajo las condiciones de carga establecidas para el funcionamiento del sistema.

Figura 29.

Análisis estático de los ángulos de guía de la adaptación.



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

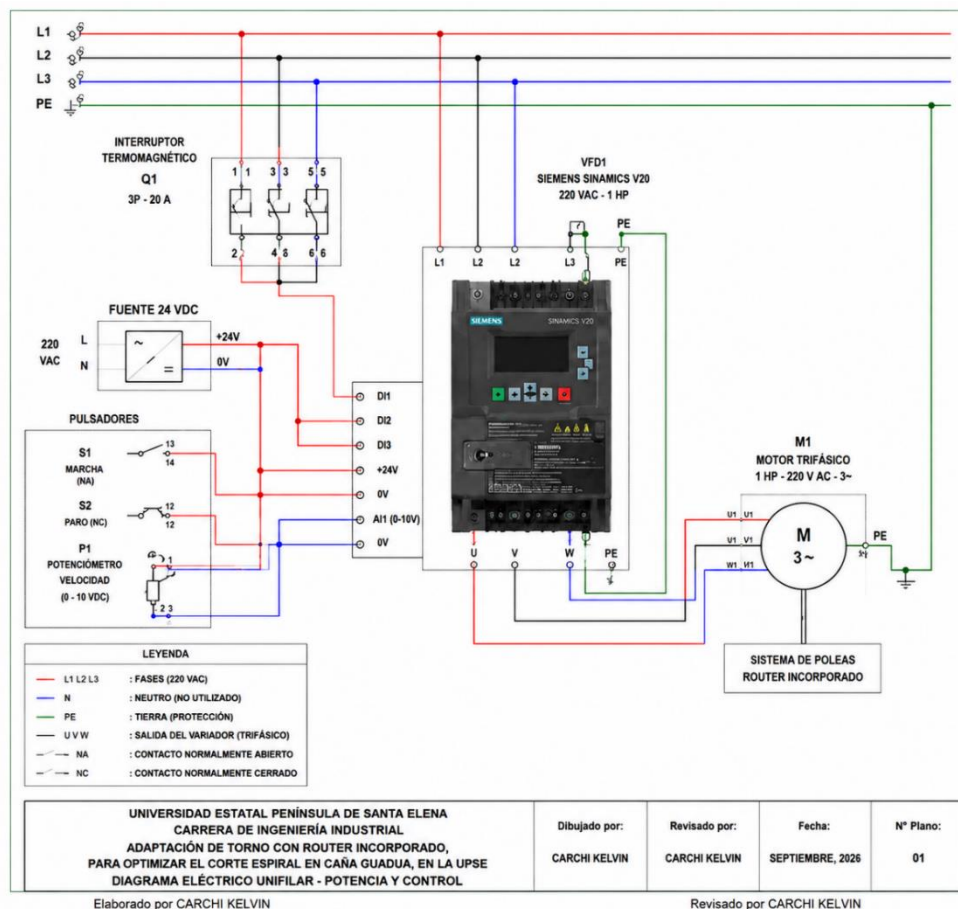
Los resultados muestran que los mayores esfuerzos se concentran en las zonas donde se aplican las cargas y en los extremos con restricciones, mientras que el resto de la estructura mantiene una distribución uniforme de esfuerzos. Asimismo, el análisis de desplazamientos evidencia que la deformación máxima se presenta en la región central de los ángulos guía, manteniéndose dentro de valores admisibles para garantizar la estabilidad del conjunto.

Plano eléctrico.

El sistema eléctrico de la adaptación está conformado por una fuente de alimentación de corriente alterna, un interruptor general de encendido, un dispositivo de protección eléctrica y dos cargas principales correspondientes al motor del torno convencional y al router incorporado. El esquema permite alimentar ambos equipos de forma independiente manteniendo condiciones seguras de operación durante el proceso de mecanizado.

Figura 30.

Diagrama eléctrico unifilar de la adaptación del torno convencional.



Nota. Elaborado por los autores.

El diseño del sistema eléctrico constituye una parte fundamental dentro del desarrollo de la adaptación mecánica, debido a que permite suministrar energía de manera controlada tanto al motor principal del torno como al router incorporado. La configuración propuesta incluye dispositivos de protección y maniobra que facilitan la operación segura del equipo, reduciendo riesgos asociados a fallas eléctricas y garantizando la continuidad del proceso de corte espiral. En la Figura 30 se presenta el diagrama eléctrico unifilar diseñado para la integración de los componentes eléctricos del sistema.

El plano eléctrico desarrollado permite identificar la trayectoria de la energía eléctrica desde la alimentación principal hasta el elemento final de accionamiento, mostrando los dispositivos de protección, transformación y control involucrados en el funcionamiento del sistema.

El circuito inicia con una alimentación eléctrica trifásica de 220 V AC a 60 Hz, conformada por las líneas de fase L1, L2 y L3, además del conductor de protección PE (tierra). La energía suministrada ingresa inicialmente a un interruptor termomagnético tripolar, cuya función principal es proteger la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos, permitiendo además realizar la desconexión del sistema durante actividades de mantenimiento o en situaciones de emergencia.

Posteriormente, la alimentación eléctrica llega al variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20, el cual constituye el elemento principal de regulación del sistema. Este dispositivo permite controlar las condiciones de operación del motor mediante la modificación de la frecuencia y tensión de salida, logrando regular la velocidad de giro, mejorar el arranque del equipo y proporcionar mayor control sobre el proceso de mecanizado. El variador recibe la alimentación en sus terminales de entrada y entrega una señal trifásica controlada mediante sus salidas U, V y W hacia el motor eléctrico.

El accionamiento principal del sistema está conformado por un motor trifásico de 1 HP y 220 V AC, encargado de transformar la energía eléctrica proporcionada por el variador en energía mecánica. El movimiento generado por el eje del motor es transmitido mediante un sistema de poleas hacia el router incorporado en el torno, permitiendo generar el movimiento rotacional necesario para ejecutar el proceso de

corte espiral en la pieza de trabajo. La conexión del conductor de protección PE tanto en el variador de frecuencia como en el motor permite garantizar condiciones adecuadas de seguridad eléctrica, reduciendo riesgos ante posibles fallas de aislamiento o fugas de corriente. Esta conexión asegura que cualquier corriente de falla sea conducida hacia tierra, protegiendo al operador y a los componentes del sistema.

Etapas 3. Selección de materiales y componentes.

Con base en las exigencias mecánicas del sistema y las condiciones de operación previstas, se realizó la selección de los materiales y componentes que conforman la adaptación propuesta. Para ello se consideraron criterios relacionados con resistencia mecánica, rigidez estructural, facilidad de fabricación, disponibilidad comercial y costo de adquisición. La selección adecuada de materiales resulta fundamental para garantizar la estabilidad del sistema, reducir deformaciones durante el mecanizado y prolongar la vida útil de los componentes sometidos a esfuerzos continuos.

Tabla 10.

Materiales seleccionados para la adaptación.

Componente	Material	Justificación
Soporte principal	Acero ASTM A36	Alta resistencia y facilidad de soldadura
Base de fijación	Acero ASTM A36	Rigidez estructural
Pernos de unión	Acero grado 8.8	Resistencia mecánica
Tuercas y arandelas	Acero galvanizado	Protección contra corrosión
Router	Router eléctrico	Herramienta principal de mecanizado

Nota. Elaborado por los autores.

En la Tabla 11 se detallaron los componentes eléctricos y de accionamiento seleccionados para el funcionamiento del sistema adaptado, considerando los requerimientos de control, protección y transmisión de potencia necesarios para la operación del torno convencional con router incorporado. La selección de estos elementos se realizó tomando en cuenta las condiciones de operación del sistema y la necesidad de garantizar un funcionamiento seguro y eficiente durante el proceso de mecanizado.

Como se muestra en la Tabla 11, se incorporó un variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20, el cual permitió controlar la velocidad de giro del motor trifásico mediante la regulación de la frecuencia de alimentación, proporcionando mayor control sobre las condiciones de operación del equipo. Asimismo, se seleccionó un motor trifásico de 1 HP y 220 V AC, encargado de transformar la energía eléctrica en movimiento mecánico para accionar el sistema de transmisión mediante poleas hacia el router incorporado. Además, se consideraron elementos de protección y conexión eléctrica, como el interruptor termomagnético, los conductores eléctricos y los accesorios de montaje, los cuales permitieron garantizar una alimentación segura y organizada del sistema. Finalmente, el conjunto de componentes seleccionados permitió integrar el sistema eléctrico con la adaptación mecánica del torno, asegurando el funcionamiento adecuado del equipo durante las pruebas experimentales de corte espiral en caña guadua.

Tabla 11.

Componentes eléctricos seleccionados.

Componente	Material / Equipo	Justificación
Variador de frecuencia	Siemens SINAMICS V20	Permite controlar la velocidad de giro del motor trifásico mediante la regulación de frecuencia y tensión, mejorando el control del proceso de mecanizado.

Motor eléctrico	Motor trifásico de 1 HP – 220 V AC	Encargado de transformar la energía eléctrica en movimiento mecánico para accionar el sistema de transmisión mediante poleas.
Interruptor termomagnético	Breaker trifásico de protección	Proporciona protección al circuito eléctrico frente a sobrecargas y cortocircuitos, permitiendo la desconexión segura del sistema.
Conductores eléctricos	Cableado de potencia y protección	Permiten la conexión eléctrica entre la alimentación, el variador de frecuencia y el motor, garantizando una transmisión segura de energía.
Elementos de conexión	Terminales, conectores y accesorios eléctricos	Facilitan la organización, montaje y mantenimiento de las conexiones del sistema eléctrico.
Sistema de transmisión	Poleas y elementos mecánicos de acople	Permite transmitir el movimiento generado por el motor hacia el router incorporado para ejecutar el corte espiral.

Nota. Elaborado por los autores.

Los componentes eléctricos seleccionados permitieron establecer un sistema de accionamiento adecuado para la adaptación del torno convencional con router incorporado. La incorporación del variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20 facilitó el control de la velocidad del motor trifásico, permitiendo ajustar las condiciones de operación requeridas para el proceso de corte espiral en caña guadua. Además, el motor de 1 HP y 220 V AC proporcionó la potencia mecánica necesaria para accionar el sistema de transmisión mediante poleas hacia el router.

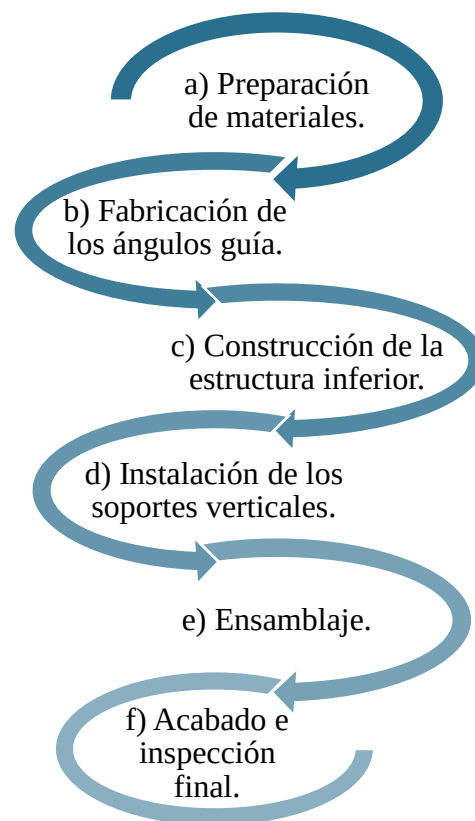
Fase 3: Construcción del prototipo.

La construcción del prototipo se llevó a cabo mediante una metodología secuencial que comprendió las etapas de preparación de materiales, fabricación de los

componentes, ensamble de la estructura, instalación de los elementos de soporte y verificación del sistema. La ejecución ordenada de estas actividades permitió obtener un prototipo funcional, asegurando la precisión en el montaje y la adecuada integración de cada uno de los componentes diseñados para la adaptación del torno convencional. En la Figura 31 se presenta el proceso general de construcción del prototipo.

Figura 31.

Proceso de construcción del prototipo de adaptación.



Nota. Elaborado por los autores.

a) Preparación de materiales.

La preparación de materiales constituyó la primera etapa de la construcción del prototipo, en la cual se realizó la selección e inspección de los perfiles metálicos, ángulos, placas de acero y demás elementos requeridos para la fabricación de la adaptación. Esta actividad permitió verificar que cada material cumpliera con las especificaciones establecidas en el diseño, garantizando su disponibilidad y condiciones adecuadas antes de iniciar el proceso de fabricación.

En la Figura 32 se presentan los principales materiales utilizados para la construcción del prototipo, los cuales sirvieron como materia prima para la elaboración de los diferentes componentes estructurales que conforman la adaptación desarrollada para el torno convencional.

Figura 32.

Preparación de materiales.



Nota. Elaborado por los autores.

Etapas 1. Fabricación de componentes.

Una vez preparados los materiales, se procedió con la fabricación de los componentes que conforman la adaptación para el torno convencional. Esta etapa comprendió las operaciones de trazado, corte, perforado, soldadura y acabado de las diferentes piezas, siguiendo las dimensiones establecidas en el diseño desarrollado en SolidWorks. El objetivo fue obtener componentes con las características necesarias para garantizar un correcto ensamblaje y funcionamiento del prototipo.

b) Fabricación de los ángulos guía.

En la Figura 33 se muestra el proceso de fabricación de los ángulos de guía de la adaptación. Para su elaboración se realizaron operaciones de corte, alineación y soldadura, obteniendo los elementos que permiten el desplazamiento de la estructura sobre la bancada del torno convencional.

Figura 33.

Fabricación de los ángulos guía.



Nota. Elaborado por los autores.

c) Construcción de la estructura inferior.

Fabricación de la placa base.

En la Figura 34 se presenta la fabricación de la placa base, la cual fue cortada y perforada de acuerdo con las dimensiones del diseño. Este componente constituye el elemento de unión entre los ángulos de guía y los soportes verticales del sistema.

Figura 34.

Fabricación de la placa base.



Nota. Elaborado por los autores.

Fabricación de los soportes verticales.

En la Figura 35 se observa el proceso de fabricación de los cuatro soportes verticales, elaborados a partir de perfiles metálicos. Posteriormente, estos fueron soldados a la placa base para conformar la estructura que sostendrá el sistema de fijación del router.

Figura 35.

Fabricación de los soportes verticales.



Nota. Elaborado por los autores.

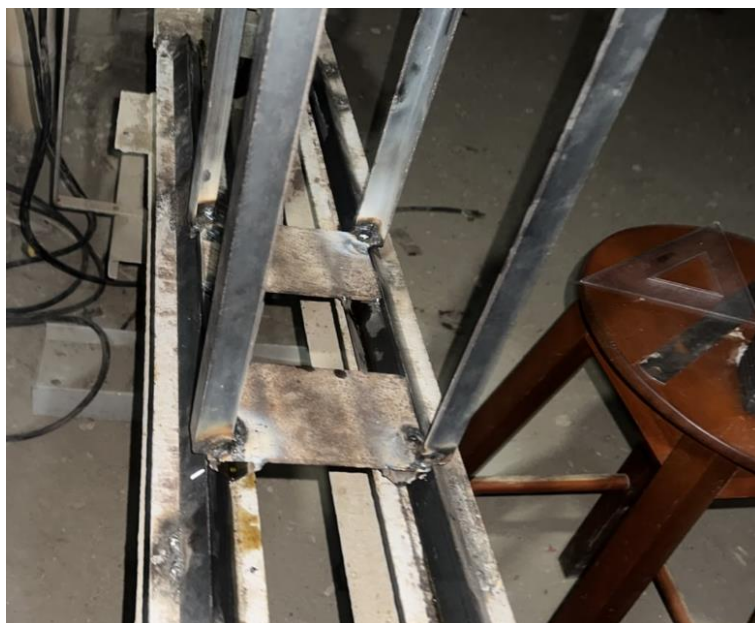
d) Instalación de los soportes verticales.

Fabricación de las placas de refuerzo.

En la Figura 36 se muestran las placas de refuerzo utilizadas para incrementar la rigidez de la estructura. Estas piezas fueron fabricadas a partir de placa de acero A36 de aproximadamente 5 mm de espesor, con una geometría triangular de 80 mm de base por 100 mm de altura, dimensiones que proporcionan una adecuada superficie de apoyo entre la placa base y los soportes verticales. Posteriormente, fueron unidas mediante soldadura de arco eléctrico en ambos lados de cada soporte, mejorando la distribución de esfuerzos, reduciendo las deformaciones por flexión y aumentando la estabilidad estructural del conjunto durante el funcionamiento del sistema de adaptación.

Figura 36.

Fabricación de las placas de refuerzo.



Nota. Elaborado por los autores.

Etapas 2. Ensamblaje del sistema.

e) Ensamblaje.

Una vez finalizada la fabricación de los componentes, se procedió con el ensamblaje del sistema de adaptación para el torno convencional. Esta etapa consistió en la unión de los ángulos de guía, la placa base, los soportes verticales, las placas de refuerzo y los demás elementos estructurales, verificando en cada procedimiento el alineamiento y la correcta posición de las piezas con respecto al diseño establecido.

Durante el ensamblaje se empleó soldadura por arco eléctrico para garantizar una unión firme entre los componentes, procurando mantener la perpendicularidad de los soportes verticales y la estabilidad de toda la estructura. Asimismo, se realizaron inspecciones visuales de las uniones soldadas y comprobaciones dimensionales para asegurar que el prototipo conservara las características definidas en la etapa de diseño. En la figura 37 se presenta el proceso de ensamblaje del sistema de adaptación, donde se observa la integración progresiva de los componentes estructurales hasta conformar el prototipo, el cual servirá como soporte para la instalación del router y la ejecución de los cortes espirales en la caña guadua.

Figura 37.

Ensamblaje del sistema.



Nota. Elaborado por los autores.

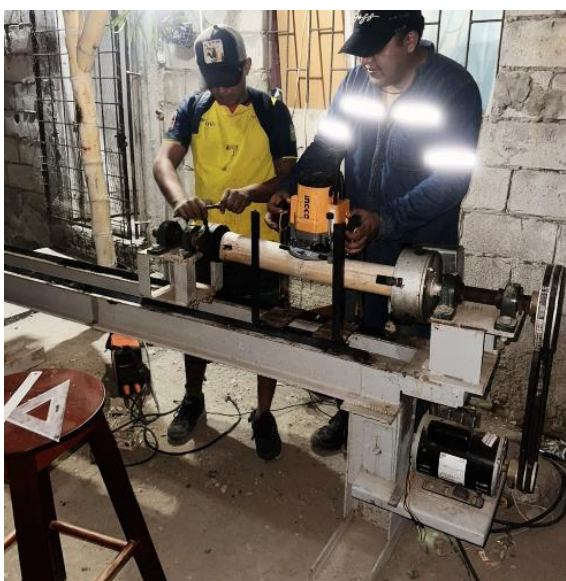
f) Acabado e inspección final.

Etapas 3. Verificación operativa.

En la Figura 38 se muestra la verificación operativa del prototipo, donde se observa la revisión del ensamblaje y el funcionamiento general de la estructura previo a las pruebas de mecanizado

Figura 38.

Verificación operativa.



Nota. Elaborado por los autores.

Una vez ensamblado el sistema de adaptación, se realizó la verificación operativa del prototipo para comprobar el correcto funcionamiento de sus componentes, la estabilidad de la estructura y el alineamiento del conjunto antes de las pruebas de mecanizado. Durante esta etapa se inspeccionó el desplazamiento sobre los ángulos de guía, la calidad de las uniones soldadas y la estabilidad de los soportes verticales, verificando que el sistema no presentara interferencias ni holguras.

Parámetros técnicos de operación del sistema de adaptación.

Para garantizar el correcto funcionamiento del torno convencional adaptado con router incorporado para el corte espiral en caña guadúa, se establecieron las condiciones técnicas de operación considerando las características del material procesado, capacidad del sistema de accionamiento, herramienta de corte utilizada y parámetros requeridos para obtener un mecanizado estable. La definición de estos parámetros permitió establecer condiciones controladas durante las pruebas experimentales, reduciendo variaciones en el proceso y asegurando la repetibilidad de los ensayos realizados.

Características del material de trabajo.

El material seleccionado para la validación del sistema corresponde a la caña guadúa, debido a sus características geométricas y propiedades que permiten su aplicación en procesos de transformación mediante herramientas rotativas. La caña guadúa presenta variaciones naturales en sus dimensiones, principalmente en diámetro y longitud, por lo que fue necesario establecer condiciones de selección y preparación antes del proceso de mecanizado. En la Tabla 12 se presentan las características principales del material utilizado durante las pruebas experimentales.

Tabla 12.

Características de la caña guadúa utilizada en el proceso de mecanizado.

Parámetro	Especificación
Material	Caña guadúa
Diámetro aproximado	70 – 100 mm
Longitud comercial disponible	Hasta 6 m aproximadamente

Longitud utilizada en pruebas	1,30 m
Condición del material	Previamente acondicionada
Proceso aplicado	Corte espiral mediante router

Nota. Elaborado por los autores.

La longitud utilizada durante las pruebas experimentales fue de 1,30 m, debido a condiciones de manipulación, montaje y control del proceso dentro del sistema adaptado. Sin embargo, la materia prima puede presentar longitudes comerciales mayores, llegando aproximadamente hasta los 6 metros, por lo que el sistema puede ser empleado para diferentes dimensiones siempre que se consideren las condiciones de soporte y estabilidad necesarias.

El diámetro variable entre 70 y 100 mm representa una condición real del material disponible, permitiendo evaluar el desempeño del prototipo bajo características propias de la caña guadúa utilizada en aplicaciones productivas.

Parámetros de mecanizado establecidos.

Los parámetros de mecanizado fueron definidos considerando la capacidad del router eléctrico, comportamiento del material y condiciones necesarias para obtener un corte espiral uniforme. El control de velocidad fue realizado mediante un variador Siemens SINAMICS V20, permitiendo ajustar las condiciones de funcionamiento del motor trifásico y mantener una velocidad estable durante el proceso. En la Tabla 13 se detallan los parámetros establecidos para la operación del sistema.

Tabla 13.

Parámetros de operación del sistema de adaptación.

Parámetro	Valor establecido
Material procesado	Caña guadúa
Proceso realizado	Corte espiral
Velocidad de operación	1750 RPM aproximadamente
Sistema de control	Variador Siemens SINAMICS V20

Tipo de avance	Desplazamiento longitudinal controlado
Método de mecanizado	Arranque de viruta
Longitud de prueba	1,30 m

Nota. Elaborado por los autores.

La velocidad de operación establecida en aproximadamente 1750 RPM permitió mantener condiciones adecuadas de corte, evitando vibraciones excesivas y favoreciendo la estabilidad del proceso. Este valor fue seleccionado mediante pruebas experimentales, considerando la relación entre velocidad de giro, comportamiento de la herramienta y características de la caña guadúa. El control mediante variador de frecuencia permitió regular el funcionamiento del motor y adaptar la velocidad según las necesidades del proceso, proporcionando mayor control sobre la calidad del acabado superficial obtenido.

Herramientas utilizadas en el router.

Para realizar el proceso de corte espiral se utilizaron herramientas rotativas tipo fresa para router, seleccionadas debido a su capacidad para trabajar materiales de origen vegetal y proporcionar estabilidad durante el arranque de material. Las características principales de las herramientas utilizadas se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14.

Características de las herramientas utilizadas en el router.

Característica	Especificación
Tipo de herramienta	Fresa para router
Material del filo	Carburo de tungsteno
Material del cuerpo	Acero
Diámetro de corte	8 mm y 9,5 mm
Diámetro del zanco	1/4" (6,35 mm)
Aplicación	Corte y ranurado en caña guadúa

Nota. Elaborado por los autores.

La utilización de fresas con filo de carburo de tungsteno permitió mejorar la resistencia al desgaste durante el proceso de mecanizado, manteniendo condiciones adecuadas de corte durante las pruebas realizadas. Los diferentes diámetros empleados permitieron evaluar el comportamiento de la herramienta frente al material, identificando condiciones favorables para obtener un corte uniforme y reducir defectos superficiales en la pieza mecanizada.

Sistema de accionamiento y control de velocidad.

El sistema de movimiento del prototipo está conformado por un motor trifásico controlado mediante un variador Siemens SINAMICS V20, encargado de regular la frecuencia de alimentación y controlar la velocidad del sistema. En la Tabla 15 se presentan los principales elementos del sistema de accionamiento.

Tabla 15.

Elementos del sistema de accionamiento.

Componente	Característica
Motor principal	Motor trifásico
Controlador de velocidad	Variador Siemens SINAMICS V20
Control de operación	Ajuste mediante teclado del variador
Regulación	Variación de frecuencia
Sentido de giro	Horario y antihorario

Nota. Elaborado por los autores.

La incorporación del variador Siemens SINAMICS V20 permitió mejorar el control del sistema, ya que facilita la regulación de velocidad y la inversión del sentido de giro cuando es requerido. Esto proporciona mayor flexibilidad durante las pruebas y permite adaptar las condiciones de operación según el comportamiento del material.

Configuración del variador Siemens SINAMICS V20.

El sistema de accionamiento del prototipo fue controlado mediante un variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20, el cual permitió regular la velocidad de operación del motor trifásico encargado de generar el movimiento del sistema.

Mediante la parametrización del variador se establecieron valores relacionados con la tensión, frecuencia, fuente de mando, referencia de velocidad y sentido de giro, permitiendo un control adecuado durante las pruebas experimentales del sistema de adaptación. En la Tabla 16 se presentan los principales parámetros configurados en el variador Siemens SINAMICS V20 utilizados durante la operación del prototipo.

Tabla 16.

Configuración del variador Siemens SINAMICS V20.

Parámetro	Valor configurado	Descripción
P0010	30	Activación del modo de configuración del equipo
P0970	1	Restablecimiento de parámetros del variador
P0100	1	Selección de frecuencia de alimentación
P0304	220 V	Tensión nominal del motor
P0310	60 Hz	Frecuencia nominal del motor
P0700	1	Selección del mando mediante teclado del variador
P1000	1	Referencia de velocidad mediante teclado
P1082	40 Hz	Límite máximo de frecuencia configurado
P1110	0	Habilitación del sentido de giro contrario
P1032	1	Permite inversión de giro mediante control

Nota. Elaborado por los autores.

La configuración del variador Siemens SINAMICS V20 permitió establecer condiciones controladas de funcionamiento para el motor trifásico, facilitando la regulación de velocidad y adaptación del sistema según los requerimientos del proceso de mecanizado.

Los parámetros configurados permitieron controlar el arranque del equipo, seleccionar la fuente de mando y establecer límites de operación seguros durante las pruebas. La regulación mediante frecuencia permitió alcanzar una velocidad aproximada de 1750 RPM, valor utilizado para realizar el corte espiral sobre la caña guadúa, manteniendo estabilidad en el movimiento y reduciendo posibles vibraciones durante el proceso. Además, la posibilidad de controlar el sentido de giro mediante el variador facilitó la operación del sistema y permitió realizar pruebas de funcionamiento del mecanismo de transmisión antes de ejecutar el mecanizado definitivo.

Fase 4: Pruebas experimentales.

Con el propósito de evaluar el desempeño del prototipo desarrollado, se realizaron pruebas experimentales durante un período de seis días consecutivos. En cada jornada se efectuaron seis ensayos de mecanizado, manteniendo constantes las condiciones de operación del torno, la velocidad de giro, la profundidad de corte y el tipo de herramienta utilizada. Estas pruebas permitieron verificar el funcionamiento del sistema de adaptación del router, así como la estabilidad y repetibilidad del proceso de corte espiral en la caña guadua.

Los datos obtenidos fueron registrados y organizados para su posterior análisis estadístico mediante el software IBM SPSS Statistics, con el fin de determinar el comportamiento del prototipo, identificar la variabilidad de los resultados y evaluar la consistencia del proceso de mecanizado.

Etapas 1. Preparación de muestras.

Se prepararon cinco muestras de caña guadua 1.30 m para la validación experimental del prototipo de adaptación del router al torno destinado al corte espiral. Inicialmente, las muestras fueron inspeccionadas visualmente para verificar que no presentaran grietas, deformaciones, nudos defectuosos o daños superficiales que pudieran influir en el proceso de mecanizado.

Posteriormente, las cinco muestras fueron cortadas a una longitud uniforme y se realizó la limpieza de su superficie para eliminar residuos e impurezas. Cada muestra fue identificada con un código (M1, M2, M3, M4 y M5), con el propósito de facilitar el registro y seguimiento durante la ejecución de las pruebas experimentales.

Las pruebas se desarrollaron durante seis días consecutivos, utilizando las mismas cinco muestras bajo condiciones controladas de operación, manteniendo constantes la velocidad de giro del torno, la herramienta de corte y los parámetros de mecanizado establecidos para la evaluación del prototipo.

Tabla 17.

Preparación de las muestras para las pruebas experimentales.

Muestra	Material	Estado inicial	Identificación
M1	Caña guadua	Apta para ensayo	M1
M2	Caña guadua	Apta para ensayo	M2
M3	Caña guadua	Apta para ensayo	M3
M4	Caña guadua	Apta para ensayo	M4
M5	Caña guadua	Apta para ensayo	M5

Nota. Elaborado por los autores.

Etapas 2. Ejecución de pruebas de mecanizado

La presente etapa corresponde a la fase experimental del estudio, en la cual se evaluó el desempeño funcional del prototipo desarrollado bajo condiciones controladas de operación. El objetivo principal fue analizar el comportamiento del sistema de mecanizado adaptado durante la ejecución de cortes espirales helicoidales sobre probetas de caña guadua previamente acondicionadas. Esta fase permitió obtener información cuantitativa y cualitativa del proceso, con el fin de determinar la estabilidad del sistema, la repetibilidad de los ensayos y la calidad superficial del mecanizado generado.

Durante esta etapa se realizaron las pruebas de funcionamiento del torno convencional adaptado con router incorporado, verificando el desempeño del sistema mecánico y eléctrico durante el proceso de corte espiral en caña guadua. Para la operación del equipo se utilizó un motor trifásico de 1 HP a 220 V AC, cuyo funcionamiento fue regulado mediante un variador de frecuencia Siemens SINAMICS

V20, permitiendo establecer las condiciones adecuadas de velocidad para el mecanizado.

La velocidad de operación de la herramienta de corte se estableció aproximadamente en 1750 revoluciones por minuto (RPM), valor correspondiente al de trabajo del motor trifásico utilizado. Esta condición permitió mantener un giro constante del router, favoreciendo la estabilidad del proceso de corte y la generación uniforme del patrón espiral sobre la superficie de la pieza. Para verificar la relación entre la velocidad teórica y la velocidad de funcionamiento del motor, se consideró la ecuación de velocidad síncrona de motores trifásicos:

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

Donde:

N_s = velocidad síncrona (RPM)

f = frecuencia de alimentación (Hz)

P = número de polos del motor

Considerando una frecuencia de 60 Hz y un motor de 4 polos, se obtuvo:

$$N_s = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ rpm}$$

Condiciones de operación.

Las pruebas de mecanizado se ejecutaron bajo condiciones controladas de operación, considerando los parámetros necesarios para garantizar un proceso estable y uniforme durante el corte espiral de la caña guadua. La velocidad de funcionamiento del sistema de corte fue regulada mediante el variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20, permitiendo controlar el accionamiento del motor trifásico de 1 HP a 220 V AC y alcanzar una velocidad aproximada de 1750 rpm durante el proceso de mecanizado. Los parámetros establecidos para la ejecución de los ensayos fueron los siguientes:

- Velocidad de rotación del sistema de corte: aproximadamente 1750 rpm, regulada mediante el variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20 para mantener condiciones adecuadas de operación de la herramienta.

- Herramientas de corte: se utilizaron fresas helicoidales de 6 mm y 8 mm, seleccionadas de acuerdo con las características del mecanizado requerido y la geometría del corte espiral.
- Material de prueba: se empleó caña guadua previamente acondicionada, garantizando condiciones adecuadas para la ejecución de los ensayos experimentales.
- Profundidad de corte: se mantuvo constante durante todas las pruebas realizadas, con el propósito de comparar los resultados obtenidos bajo las mismas condiciones de mecanizado.

Etapas 3. Recolección de datos.

En la Tabla 18 se presentan los tiempos de mecanizado obtenidos durante las cinco muestras realizadas en cada uno de los cuatro tratamientos (días). Se observa una ligera disminución del tiempo promedio conforme avanzaron las jornadas de prueba, lo que evidencia una mayor estabilidad en el funcionamiento del módulo porta-router y una mejora en la ejecución del proceso de corte espiral.

Tabla 18.

Tiempo de mecanizado promedio por tratamiento (minutos).

# de muestra	Tratamiento Día 1	Tratamiento Día 2	Tratamiento Día 3	Tratamiento Día 4
1	2.85	2.45	1.95	1.28
2	2.80	2.40	1.92	1.25
3	2.88	2.43	1.96	1.27
4	2.82	2.41	1.94	1.26
5	2.86	2.42	1.93	1.25

Nota. Elaborado por los autores.

En la Tabla se presentan las pruebas que fueron ejecutadas bajo una velocidad de operación aproximada de 1750 revoluciones por minuto (RPM), establecida mediante el variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20, encargado de controlar

el funcionamiento del motor trifásico de 1 HP a 220 V AC que acciona el sistema de corte.

Se observa una reducción progresiva del tiempo promedio de mecanizado conforme avanzaron las jornadas de prueba, disminuyendo desde 2.84 minutos en el primer tratamiento hasta 1.26 minutos en el cuarto tratamiento. Esta mejora estuvo relacionada con la estabilización del sistema adaptado, la correcta regulación de la velocidad de giro de la herramienta y el ajuste de las condiciones de operación durante el proceso de corte espiral.

Los resultados obtenidos evidenciaron que el torno adaptado logró optimizar el proceso de mecanizado, permitiendo realizar el corte espiral de una caña guadua de 1.30 metros en un menor tiempo, manteniendo una velocidad constante de aproximadamente 1750 RPM, lo que favoreció la continuidad del corte y la calidad del acabado superficial.

Configuración del sentido de giro.

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema de accionamiento, se realizaron pruebas de giro mediante el teclado de control del variador Siemens SINAMICS V20. Este procedimiento permitió comprobar la respuesta del motor trifásico y validar el correcto funcionamiento del sistema antes de ejecutar el proceso de mecanizado sobre la caña guadúa.

Inicialmente se configuró una frecuencia baja de prueba con la finalidad de realizar una activación controlada del motor. Posteriormente, se ejecutó el comando de marcha (RUN) y se verificó el sentido de giro inicial del sistema de transmisión. Una vez comprobado el funcionamiento, se procedió a detener el equipo y activar la función de inversión de giro del variador, permitiendo comprobar la respuesta del motor en sentido contrario.

La verificación del sentido de giro permitió garantizar que el sistema de transmisión y los componentes mecánicos trabajaran de manera adecuada, evitando posibles errores durante la operación del router y asegurando condiciones seguras antes de iniciar las pruebas de corte espiral.

Condiciones recomendadas de operación.

Para garantizar un adecuado desempeño del sistema de adaptación durante el proceso de corte espiral en caña guadúa, se establecieron condiciones de operación orientadas a mantener la estabilidad del equipo, la seguridad del operador y la calidad del acabado obtenido. Antes de iniciar el proceso de mecanizado, se debe verificar la correcta sujeción de la caña guadúa dentro del sistema del torno, asegurando que la pieza permanezca estable durante todo el recorrido de corte. Además, es necesario comprobar la correcta fijación del módulo porta-router y de la herramienta de corte, evitando movimientos que puedan generar desviaciones o afectar la precisión del mecanizado. Durante la operación del equipo se recomienda mantener una velocidad aproximada de 1750 RPM, valor establecido para realizar el corte espiral bajo condiciones estables. Asimismo, se debe utilizar la herramienta de corte en buen estado y controlar la presencia de vibraciones durante el proceso, ya que estas pueden afectar el acabado superficial y generar desgaste prematuro de los componentes.

Fase 4: Análisis de resultados.

3.2 Fiabilidad y validez de los instrumentos de investigación.

Los datos obtenidos durante las pruebas experimentales fueron organizados en una base de datos y procesados mediante el software IBM SPSS Statistics. Previamente, se verificó la integridad de la información recopilada correspondiente a las cinco muestras evaluadas en cada uno de los cuatro tratamientos. Posteriormente, se realizó un análisis estadístico descriptivo para determinar la media, la desviación estándar, los valores mínimos y máximos de los tiempos de mecanizado obtenidos. Asimismo, se evaluó el comportamiento de los datos mediante pruebas de normalidad.

Con el fin de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, considerando como variable independiente los tratamientos (días de evaluación) y como variable dependiente el tiempo de mecanizado. Se estableció un nivel de confianza del 95 % y un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

En la Tabla 19 se presentan los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene. Se obtuvo un valor de significancia de 0,803, el cual es mayor

que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$). Por lo tanto, se acepta el supuesto de igualdad de varianzas entre los tratamientos, indicando que los datos cumplen con este requisito para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 19.

Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene).

Test of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
TIE	Based on Mean	,331	3	16	,803
MP	Based on Median	,381	3	16	,768
O	Based on Median and with adjusted df	,381	3	16,0 00	,768
	Based on trimmed mean	,334	3	16	,801

Nota. Elaborado por los autores basado en el Software IBM SPSS Statistics.

En la Tabla 20 se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado al tiempo de mecanizado de los cuatro tratamientos. El análisis obtuvo un valor de $F = 71,465$ y una significancia de 0,000, siendo este valor inferior a 0,05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, concluyendo que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. Esto indica que el tratamiento aplicado influye en el tiempo de mecanizado durante el proceso de corte espiral en caña guadúa.

Tabla 20.

Análisis de varianza (ANOVA).

ANOVA TIEMPO					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,041	3	,014	71,46 5	,000
Within Groups	,003	16	,000		
Total	,044	19			

Nota. Elaborado por los autores basado en el Software IBM SPSS Statistics.

Etapa 1. Procesamiento de datos.

Para la validación de los datos recolectados en la Tabla 12, se utilizó el Software IBM SPSS Statistics 25 para el cálculo del Alfa de Cronbach cuyos criterios se muestran de la siguiente manera:

- Alfa de Cronbach entre 0,7 y 0,9 es excelente.
- Alfa de Cronbach entre 0,4 y 0,6 es aceptable.
- Alfa de Cronbach $< 0,4$ es inaceptable.

En la Tabla 16 se presentan los resultados del análisis de confiabilidad del instrumento mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, utilizando el software IBM SPSS Statistics (anexo I). Se obtuvo un valor de $\alpha = 0,995$ para cinco ítems evaluados, lo que indica una excelente consistencia interna del instrumento.

Este resultado demuestra que el instrumento empleado para la recolección de datos es altamente confiable, ya que el coeficiente obtenido es superior al valor mínimo aceptable de 0,70. En consecuencia, se considera que el instrumento proporciona mediciones consistentes y adecuadas para el desarrollo de la presente investigación.

Tabla 21.

Análisis de confiabilidad del instrumento (Alfa de Cronbach).

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,981	,995	5

Nota. Elaborado por los autores basado en el Software IBM SPSS Statistics.

Etapa 2. Evaluación del desempeño.

Con el objetivo de evaluar el desempeño del módulo porta-router implementado para la generación de cortes espirales en caña guadúa, se desarrolló un Diagrama de Análisis de Procesos (DAP), mediante el cual se identificaron y organizaron las diferentes actividades que intervienen durante la ejecución del proceso de mecanizado. Esta herramienta permitió analizar la secuencia de operaciones,

inspecciones, transporte y almacenamiento, además de determinar los tiempos empleados y las distancias recorridas en cada etapa del proceso.

Figura 39.

Diagrama de análisis de procesos para el corte espiral

Diagrama de análisis de procesos									
Diagrama # 01					Resumen				
Actividad: PRODUCCIÓN DE CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADÚA					Actividad	Símbolo	Cantidad		
					Operación	○	6		
					Inspección	□	2		
					Transporte	→	2		
					Demora	D	0		
Producto: Caña guadúa con corte espiral.					Almacenamiento	▽	1		
Método: Actual					Distancia total (m)				4
Elaborado por: Carchi Palacios Kelvin Marlon Pozo Pozo					Tiempo total (s)				900 (15 minutos)

Nº	Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (s)	Símbolos					Observaciones
					○	□	→	D	▽	
1	Recepción e inspección inicial de la caña guadúa	1	0	60	●					Verificación del estado y dimensiones del material
2	Traslado hacia el torno	1	2	30			●			Ubicación del material en el área de trabajo
3	Montaje y sujeción de la caña en el torno	1	0	150	●					Ajuste del contrapunto y fijación de la pieza
4	Instalación del módulo porta-router	1	0	120	●					Fijación y alineación del sistema de corte
5	Configuración del variador Siemens SINAMICS V20	1	0	60	●					Ajuste de parámetros de operación y velocidad del motor
6	Calibración del router y profundidad de corte	1	0	90	●					Ajuste de posición de la herramienta
7	Ejecución del corte espiral	1	0	120	●					Proceso principal de mecanizado a aprox. 1750 RPM
8	Retiro de la pieza mecanizada	1	0	60	●					Desmontaje de la caña guadúa procesada
9	Inspección del acabado superficial	1	0	90		●				Verificación visual de continuidad y calidad del corte
10	Traslado al área de almacenamiento	1	2	30			●			Movimiento del producto terminado
11	Almacenamiento del producto terminado	1	0	60					●	Producto listo para evaluación
Totales		11	4	900	6	2	2	0	1	

Nota. Elaborado por los autores.

El análisis realizado permitió establecer una secuencia ordenada de trabajo, donde se contemplaron actividades previas como la preparación de la pieza, montaje del sistema, configuración del variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20, calibración del router y ejecución del corte espiral. Se evidenció que las actividades de operación representan la mayor participación dentro del proceso, debido a que incluyen las etapas necesarias para la transformación de la materia prima y obtención del producto final, mientras que las inspecciones permitieron verificar las condiciones dimensionales y la calidad superficial del mecanizado.

De acuerdo con el diagrama elaborado, el proceso completo presentó un tiempo estimado de 900 segundos (15 minutos) y un recorrido aproximado de 2 metros, considerando las actividades necesarias desde la recepción de la caña guadúa hasta el almacenamiento del producto terminado. Durante la ejecución del proceso no se identificaron tiempos de demora, lo que refleja una adecuada organización de las actividades y una correcta integración entre el sistema mecánico y eléctrico del equipo adaptado.

Además, el DAP permitió identificar las etapas que generan valor dentro del proceso de mecanizado y aquellas que pueden ser optimizadas para mejorar el desempeño operativo del prototipo. De esta manera, se verificó que la secuencia establecida permite realizar un proceso de corte espiral continuo, controlado y seguro, garantizando condiciones adecuadas de funcionamiento del torno adaptado con router incorporado.

Cronograma de mantenimiento.

Con el propósito de garantizar el correcto funcionamiento y prolongar la vida útil del módulo porta-router para corte espiral en caña guadúa, se estableció un cronograma de mantenimiento preventivo. Este plan contempla actividades periódicas de inspección, limpieza, lubricación, ajuste y verificación de los componentes mecánicos, con el fin de minimizar fallas, mantener la precisión del sistema y asegurar condiciones óptimas de operación durante el proceso de mecanizado.

Tabla 22.

Cronograma de mantenimiento.

Actividad de mantenimiento	Frecuencia	Responsable
Limpieza general del módulo	Diaria	Operador
Inspección de pernos y fijaciones	Semanal	Operador
Lubricación del tornillo de regulación	Semanal	Técnico

Verificación del soporte deslizante	Mensual	Técnico
Inspección de la abrazadera del router	Mensual	Técnico
Revisión general del sistema	Trimestral	Técnico de mantenimiento

Nota. Elaborado por los autores.

Plan de capacitación y mantenimiento.

Con el propósito de garantizar el correcto funcionamiento del sistema de adaptación y prolongar su vida útil, se plantea un plan de capacitación dirigido a los operadores, complementado con un programa de mantenimiento preventivo. Estas actividades buscan asegurar una operación segura del equipo, reducir el riesgo de fallas mecánicas y mantener la precisión durante el proceso de mecanizado.

Plan de capacitación.

El plan de capacitación está orientado a proporcionar los conocimientos necesarios para la operación adecuada del sistema de adaptación, promoviendo el uso seguro del equipo y la correcta ejecución de los procedimientos de trabajo. En la Tabla 23 se presenta el plan de capacitación propuesto para los operadores del sistema de adaptación, el cual contempla las principales actividades de formación relacionadas con la operación, seguridad e inspección del equipo.

Tabla 23.

Plan de capacitación para la operación del sistema de adaptación.

Tema	Actividad	Responsable	Duración
Introducción al sistema	Explicación del funcionamiento general del prototipo y sus componentes.	Investigador	1 hora
Seguridad industrial	Uso de equipos de protección personal y normas de seguridad durante la operación.	Investigador	1 hora

Operación del sistema	Montaje del router, ajuste de la pieza y operación del torno.	Investigador	2 horas
Inspección del equipo	Revisión de componentes, uniones y posibles desgastes.	Investigador	1 hora
Mantenimiento preventivo	Procedimientos de limpieza, lubricación y verificación del sistema.	Investigador	1 hora

Nota. Elaborado por los autores.

Posteriormente, en la Tabla 24 se detalla el plan de mantenimiento preventivo establecido para el prototipo, el cual incluye las principales actividades de inspección y conservación que deben realizarse periódicamente para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema.

Tabla 24.

Plan de mantenimiento preventivo del sistema de adaptación.

Actividad	Frecuencia	Responsable
Limpieza general de la estructura	Después de cada jornada de trabajo	Operador
Revisión de los ángulos de guía	Semanal	Operador
Lubricación de las superficies de desplazamiento	Semanal	Operador
Ajuste de pernos y elementos de fijación	Quincenal	Operador
Inspección de las uniones soldadas	Mensual	Operador
Revisión del soporte del router	Mensual	Operador
Inspección general del sistema	Semestral	Técnico de mantenimiento

Nota. Elaborado por los autores.

De acuerdo con lo establecido en la Tabla 25, se presenta la documentación técnica complementaria desarrollada para el sistema de adaptación, donde se incluyen los manuales, procedimientos y especificaciones necesarias para garantizar la correcta operación, mantenimiento y control del prototipo. Esta documentación permite estandarizar el uso del equipo y proporcionar al operador información técnica relacionada con el funcionamiento, seguridad, parámetros de trabajo y conservación del sistema.

Tabla 25.

Documentación técnica complementaria del sistema de adaptación.

Documento técnico	Descripción	Documento asociado
Manual de funcionamiento	Describe el principio de operación del sistema adaptado, componentes principales, procedimiento de puesta en marcha, montaje de la pieza, configuración del equipo, ejecución del corte espiral, parámetros de trabajo y medidas de seguridad.	Anexo J
Manual de mantenimiento	Contiene las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, inspecciones mecánicas y eléctricas, limpieza, lubricación y formatos de registro para el control del equipo.	Anexo K
Plan de capacitación del operador	Detalla los temas de capacitación, actividades prácticas, responsables y tiempos establecidos para garantizar el correcto manejo del sistema de adaptación.	Anexo L
Plano eléctrico del sistema	Presenta la conexión eléctrica del motor trifásico, variador Siemens SINAMICS V20 y elementos de control asociados al funcionamiento del equipo.	Anexo M

Nota. Elaborado por los autores.

3.3. Presupuesto del prototipo.

El presupuesto del prototipo permite determinar la inversión necesaria para la fabricación e implementación del módulo porta-router para corte espiral en caña guadúa. Para ello, se consideraron los costos correspondientes a materiales, elementos mecánicos y accesorios, obteniendo el costo total del proyecto.

Tabla 26.

Presupuesto inversión inicial.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$ USD)	Costo Total (\$ USD)
Material de acero ASTM A36 para estructura base y soportes	Kg	18,5	2,50	46,25
Router eléctrico de alta velocidad	Unidad	1	180,00	180,00
Motor trifásico adaptado al sistema de transmisión	Unidad	1	100,00	100,00
Variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20	Unidad	1	160,00	160,00
Sistema de transmisión mediante poleas, eje y elementos de acople	Kit	1	75,00	75,00
Modificación del sistema eléctrico del motor trifásico	Global	1	40,00	40,00
Cableado eléctrico y elementos de conexión	Global	1	25,00	25,00
Pernos, tuercas y elementos de fijación grado 8.8	Kit	1	15,00	15,00
Fresas helicoidales para router (6 mm y 8 mm)	Unidad	4	12,50	50,00
Cuchilla de corte para router	Unidad	1	6,50	6,50
TOTAL INVERSIÓN INICIAL (\$I_0\$)				\$697,75

Nota. Elaborado por los autores.

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) con la finalidad de evaluar la viabilidad económica del sistema de adaptación desarrollado. Para el análisis financiero se consideró la inversión inicial del prototipo, así como los ingresos generados mediante la producción estimada de caña guadúa con corte espiral. Para determinar los ingresos económicos del sistema se consideró el precio comercial estimado de una pieza de caña guadúa mecanizada con corte espiral, considerando el valor agregado obtenido mediante el proceso de mecanizado realizado por el torno adaptado.

Precio unitario de la caña guadúa con corte espiral: \$8,00 USD.

Ingreso semanal: $5 \times 8,00 = \$40,00$ USD.

Ingreso mensual: $20 \times 8,00 = \$160,00$ USD.

Ingreso anual: $160 \times 12 = \$1.920,00$ USD.

.

La tabla 27 flujo de fondos proyectado (horizonte a 5 años) presenta la inversión inicial requerida para la implementación del sistema de adaptación y la proyección de los flujos de fondos generados durante el periodo de evaluación. Se considera una inversión inicial de -\$697,75 USD en el Año 0, correspondiente a los costos asociados a la adquisición de componentes mecánicos, eléctricos y herramientas necesarias para la puesta en funcionamiento del prototipo.

Tabla 27.

Flujo de fondos proyectado.

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo de fondo	\$697,75	\$1.920,00	\$1.920,00	\$1.920,00	\$1.920,00	\$1.920,00
Saldo actual del 10%	-	\$1.745,45	\$1.586,78	\$1.442,53	\$1.311,39	\$1.192,17
Saldo acumulado	-	\$1.047,70	\$2.634,48	\$4.077,01	\$5.388,40	\$6.580,57

Nota. Elaborado por los autores

A partir del Año 1 hasta el Año 5, se proyecta un flujo de fondo constante de \$1.920,00 USD anuales. Al aplicar una tasa de actualización del 10%, los valores actuales de los flujos presentan una reducción progresiva debido al efecto del valor del dinero en el tiempo.

El saldo acumulado actualizado evidencia que la inversión inicial es recuperada durante el primer año de operación, alcanzando valores positivos desde dicho periodo. Al finalizar el horizonte de evaluación de cinco años, el saldo acumulado actualizado alcanza un valor de \$6.580,57 USD, demostrando la viabilidad económica del sistema de adaptación desarrollado.

Considerando los valores de ingresos anuales y el saldo acumulado actualizado al 10%, se realiza el reemplazo en las fórmulas correspondientes para determinar el VAN, TIR y PR.

Valor Actual Neto (VAN).

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

$$\text{VAN} = 7.278,32 - 697,75 \quad \text{VAN} = \$6.580,57$$

Tasa Interna de Retorno (TIR).

Considerando los flujos de caja:

$$[-697,75; 1920; 1920; 1920; 1920; 1920]$$

Se obtiene:

$$\text{TIR} = 274,8\%$$

Periodo de Recuperación (PR).

Debido a que la inversión inicial se recupera durante el primer año:

$$\text{PR} = 0 + 1.920,00 / 697,75$$

$$\text{PR} = 0,36$$

$$\text{PR} \approx 4 \text{ meses}$$

3.4. Discusión.

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron alcanzar el objetivo principal de diseñar y construir una adaptación para un torno convencional que facilite la realización de cortes espirales en caña guadua. El proceso incluyó el diseño conceptual, el modelado tridimensional en SolidWorks, el análisis estructural mediante elementos finitos y la construcción del prototipo, etapas que permitieron comprobar que la propuesta es técnicamente viable y responde a las necesidades planteadas al inicio del estudio.

En el desarrollo del proyecto se observó que el uso de herramientas de diseño asistido por computadora fue clave para visualizar el funcionamiento del sistema antes de iniciar la fabricación. Esto hizo posible detectar posibles ajustes en la estructura y optimizar el diseño, reduciendo errores durante el ensamblaje. De igual manera, el análisis estático permitió verificar que los principales componentes trabajan dentro de condiciones seguras, lo que aporta confianza sobre el comportamiento estructural del prototipo.

La fabricación del sistema también demostró que es posible desarrollar este tipo de adaptación utilizando procesos de manufactura convencionales, como el corte, la perforación y la soldadura. Durante el ensamblaje y la verificación operativa se comprobó que la estructura mantiene un buen nivel de estabilidad y alineación, aspectos fundamentales para garantizar un mecanizado más preciso y uniforme.

Estos resultados coinciden con lo señalado en diversos estudios, donde se destaca que el diseño asistido por computadora y las simulaciones por elementos finitos son herramientas que permiten reducir errores durante el desarrollo de equipos mecánicos y optimizar su desempeño antes de fabricar un prototipo. Asimismo, la literatura muestra que adaptar maquinaria convencional representa una alternativa eficiente para mejorar procesos productivos sin realizar grandes inversiones en equipos nuevos.

Desde el punto de vista práctico, la adaptación desarrollada ofrece una solución que puede facilitar el trabajo de talleres y pequeños productores que utilizan la caña guadua como materia prima. Al aprovechar un torno convencional e incorporar un

sistema de soporte para el router, se mejora el control durante el mecanizado y se favorece la obtención de cortes espirales con mayor precisión y uniformidad.

Aunque el prototipo cumplió con los objetivos propuestos, todavía existen aspectos que pueden perfeccionarse. En futuras investigaciones sería conveniente incorporar mecanismos de ajuste más precisos, evaluar el comportamiento del sistema durante jornadas prolongadas de trabajo y realizar un mayor número de pruebas con diferentes dimensiones de caña guadua. Estas mejoras permitirán optimizar el diseño y ampliar las posibilidades de aplicación del sistema en otros procesos de mecanizado.

3.5. Limitaciones del estudio.

Durante el desarrollo de esta investigación se presentaron algunas limitaciones que es importante considerar al interpretar los resultados obtenidos. La principal estuvo relacionada con el tiempo disponible para la ejecución del proyecto, ya que, aunque fue posible diseñar, fabricar y ensamblar el prototipo, no se contó con el tiempo suficiente para realizar un mayor número de pruebas de funcionamiento en diferentes condiciones de trabajo.

Otra limitación fue el presupuesto destinado a la investigación, el cual condicionó la adquisición de algunos materiales y componentes adicionales que habrían permitido evaluar otras alternativas de diseño o incorporar mejoras al sistema de adaptación. Por esta razón, el estudio se enfocó en desarrollar un prototipo funcional que cumpliera con los objetivos establecidos.

Finalmente, las pruebas realizadas se llevaron a cabo bajo condiciones específicas de operación, por lo que los resultados obtenidos corresponden al desempeño del prototipo dentro de ese contexto. En futuras investigaciones sería recomendable ampliar la cantidad de ensayos, evaluar el comportamiento del sistema con diferentes dimensiones de caña guadua y analizar su desempeño durante periodos de trabajo más prolongados. Esto permitirá fortalecer la validación del diseño y contar con información más amplia para futuras mejoras del sistema.

CONCLUSIONES

Mediante la revisión bibliográfica desarrollada bajo la metodología PRISMA 2020, fue posible identificar los fundamentos técnicos relacionados con el mecanizado de caña guadua, el funcionamiento del torno convencional y la aplicación del router en procesos de manufactura. El análisis de la literatura permitió establecer los principales métodos, herramientas y requerimientos técnicos necesarios para el desarrollo de la adaptación propuesta, constituyendo la base para el diseño y ejecución del proyecto.

Se estableció un marco metodológico que permitió estructurar de manera secuencial las etapas necesarias para el desarrollo de la adaptación del torno con router incorporado, iniciando con la identificación de los requerimientos técnicos y continuando con el diseño, la selección de materiales, la fabricación, el ensamblaje y la planificación de las pruebas de funcionamiento. La metodología definida proporcionó una secuencia organizada para la ejecución del proyecto, facilitando el desarrollo ordenado de cada una de las fases contempladas en la investigación.

Las pruebas experimentales realizadas permitieron verificar el funcionamiento de la adaptación del torno con router incorporado durante el proceso de corte espiral en caña guadua. La implementación del sistema comprendió una inversión inicial de \$697,75 USD, destinada a la adquisición de componentes mecánicos, eléctricos y herramientas necesarias para su construcción. El análisis económico del proyecto obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de \$6.580,57 USD, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 274,8 % y un Periodo de Recuperación (PR) aproximado de 4 meses, resultados que respaldan la viabilidad técnica y económica de la adaptación desarrollada.

RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar las investigaciones relacionadas con el mecanizado de caña guadua y la adaptación de maquinaria convencional, incorporando nuevas tecnologías, herramientas de corte y estrategias de fabricación que permitan fortalecer los fundamentos técnicos y ampliar las alternativas para el desarrollo de sistemas de corte espiral.

Con respecto a la metodología desarrollada, resulta conveniente emplearla como guía en futuros proyectos de adaptación de maquinaria, debido a que establece de manera ordenada las etapas de diseño, fabricación, ensamblaje y pruebas de funcionamiento. Su aplicación facilitará el desarrollo de nuevas propuestas tecnológicas y contribuirá a estandarizar este tipo de procesos en el ámbito académico e investigativo.

Como proyección de esta investigación, se recomienda continuar con la ejecución de pruebas experimentales considerando diferentes velocidades de operación, herramientas de corte y dimensiones de la caña guadua, con el propósito de ampliar el campo de aplicación de la adaptación desarrollada. Además, la incorporación de nuevas evaluaciones técnicas y económicas permitirá fortalecer futuras investigaciones orientadas al mecanizado de materiales naturales y al desarrollo de soluciones tecnológicas en la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraján, Navarro, & Orozco. (2023). Alternativas de materiales sostenibles para la protección de estructuras de bambú en la construcción. https://iydt.wordpress.com/wpcontent/uploads/2023/05/2_66_alternativas-de-materiales-sostenibles-para-la-proteccion-de-estructuras-de-bambu-en-la-construccion_.pdf
- Arroyo Valenciano, J. A. (2021). Las variables como elemento sustancial en el método científico. *Revista Educación*, 621–631. <https://doi.org/10.15517/revedu.v46i1.45609>
- Aykac, E., & Sofuoglu, S. D. (2021). Investigation of the effect of machining parameters on surface quality in bamboo. *Tehnicki Vjesnik*, 28(2), 684–688. <https://doi.org/10.17559/TV-20200102202928>
- Cai, G., Liu, H., Peng, K., Wang, B., & Hu, B. (2024). Orthogonal experimental method to investigate the effect of process parameters on the mechanical properties of thin-walled parts by PBF-LB/M. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70883-9>
- De la Cruz, Macias, & Duran. (2023). Consideraciones para programar un torno cnc. <https://www.ojsincaing.com.mx/index.php/ediciones/article/view/328/torno>
- Ding, Y., Liu, T., Ma, Y., Yang, C., Shi, C., Cao, Y., & Zhang, J. (2023a). Study on the Milling Machinability of Bamboo-Based Fiber Composites. *Forests*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/f14091924>
- Ding, Y., Liu, T., Ma, Y., Yang, C., Shi, C., Cao, Y., & Zhang, J. (2023b). Study on the Milling Machinability of Bamboo-Based Fiber Composites. *Forests*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/f14091924>
- Elangovan, N., & Sundaravel, E. (2021). Method of preparing a document for survey instrument validation by experts. *MethodsX*, 8, 101326. <https://doi.org/10.1016/J.MEX.2021.101326>

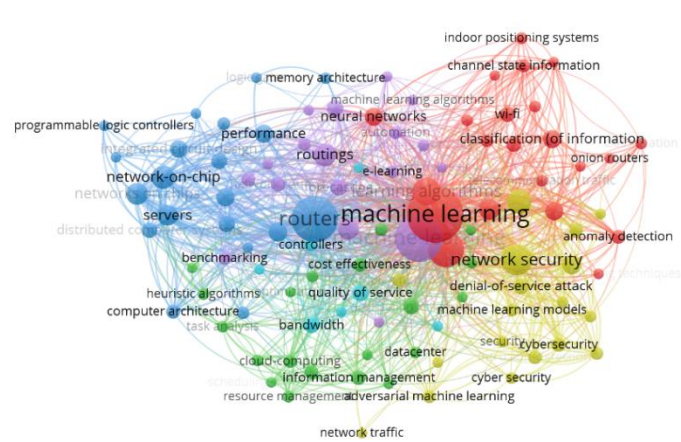
- Espinoza, Martínez, Soria, Hernández, & Torres del Carmen. (2023). Efecto de los Parámetros de Corte sobre la Rugosidad en Torneado Effect of the Cutting Parameters on the Roughness in Dry Turning of AISI 1018 Steel.
- Gaitán-Bermúdez, A., & Fonthal-Rivera, G. (2020). Fabricación y análisis mecánico de compuestos de bambú *Guadua angustifolia* Kunth. *Revista UIS Ingenierías*, 19(3), 207–214. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n3-2020019>
- Greis, N. P., Nogueira, M. L., Bhattacharya, S., Spooner, C., & Schmitz, T. (2023). Stability modeling for chatter avoidance in self-aware machining: an application of physics-guided machine learning. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 34(1), 387–413. <https://doi.org/10.1007/s10845-022-01999-w>
- Henriquez, Y. X., Melendez Guillen, A. S., & Córdova Acosta, E. A. (2025). Optimización de la eficiencia operativa mediante herramientas de Lean Manufacturing en una empresa manufacturera. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.13691>
- Hernández Martínez, L. E., Esquivias, M. T., Alfredo, J., García, J., & Luna González, A. (2020). Análisis del proceso de corte de corte de metal en un torno cnc, utilizando doe y t2 hotelling análisis of the metal cutting process in cnc lathe, using doe and t2 hotelling, *Nacional de México en Celaya Pistas Educativas* (Vol. 2020, Number 135). <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>
- Hernández-Sampieri, & Mendoza-Torres. (2018). [metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri](https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.13691).
- Hrabovský, L., Pravda, Š., & Fries, M. (2025). Sensor Monitoring of Conveyor Working Operation with Oscillating Trough Movement. *Sensors*, 25(8). <https://doi.org/10.3390/s25082466>
- Khetre, S., Bongale, A., & Kumar, S. (2025). CBN cutting tool's surface roughness and tool wear prediction using JOA-optimized CNN-LSTM. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-29658-z>

- Kovari, A., & Attila, K. (2024). Journal of Applied Technical and Educational Sciences jATES Steps of systematic reviews based on the PRISMA 2020 recommendation Szisztematikus szakirodalom feldolgozás lépései a PRISMA 2020 ajánlása alapján. 14(3), 1–13. <https://doi.org/10.24368/jates385>
- Luna, P., & Lizarazo-Marriaga, J. (2025). Transforming bamboo-guadua: Fiber extraction and characterization for biocomposite materials. *Materiales de Construcción*, 75(358). <https://doi.org/10.3989/mc.2025.383224>
- Macias, T. L., Baque Parrales, E. M., Vélez Quijije, N. J., & Reina Micolta, R. E. (2025). Economía circular como estrategia de desarrollo sostenible en Ecuador: análisis de casos locales. *RECIMUNDO*, 9(2), 768–782. [https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(2\).abril.2025.768-782](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(2).abril.2025.768-782)
- Padilla, J., Guachamín-Acero, W., Guerrero, V. H., Monar, W., Pontón, P. I., & Guamán, M. V. (2024). Dataset on the mechanical and physical characterization of the Ecuadorian *Guadua angustifolia* kunth bamboo culms belonging to “Caña Mansa” biotype. *Data in Brief*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109969>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In *BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Rianmora, S., Samorhom, N., & Chaidilok, W. (2024). Utilizing CNC Router Machine to Construct a Prototype Incorporation Principles of Solid-based Rapid Prototyping Process and Interlocking Brick Design. *Engineering Journal*, 28(8), 13–31. <https://doi.org/10.4186/ej.2024.28.8.13>

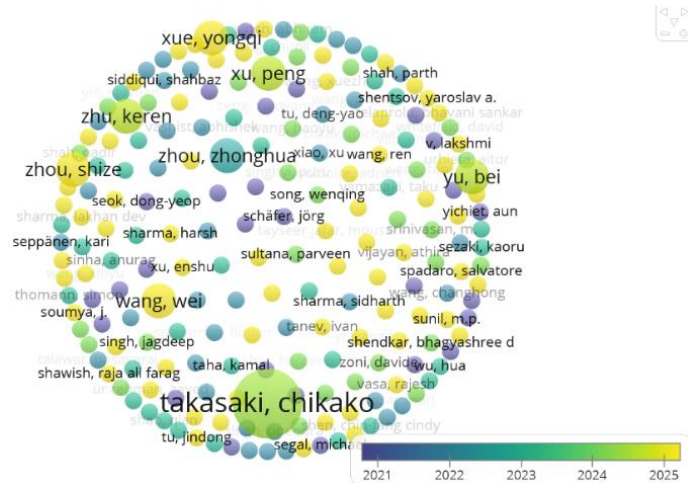
- Santiago, A.-, Martínez-Mendoza, M.; Mijael, A., Mx, A.-S. M., & Martínez-Mendoza, A. (2020). El método comparado como componente metodológico en las políticas públicas. *Periodicidad: Anual*, 32(2), 2020.
- Sosa Compeán. (2024). Complejidad y pensamiento sistémico en el diseño: alfabetización ecológica para soluciones sostenibles.
- Sousa, V. F. C., Silva, F. J. G., Fecheira, J. S., Lopes, H. M., Martinho, R. P., Casais, R. B., & Ferreira, L. P. (2020). Cutting forces assessment in cnc machining processes: A criticalreview review. *Sensors (Switzerland)*, 20(16), 1–26. <https://doi.org/10.3390/s20164536>
- Suhami, M. W., Wahab, N. A., Hamzah, K., Paijan, L. H., & Sasahara, H. (2023). Characteristics of Coconut Fibre Combined with Vinyl Ester Composites through Material Testing and Machining. *Manufacturing Technology*, 23(5), 700–708. <https://doi.org/10.21062/mft.2023.071>
- Vázquez, C. R., & Guajardo-Cuéllar, A. (2024). Prediction of Vertical Vibrations of a CNC Router Type Geometry. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/app14020621>
- Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño, R. J., & Maldonado Palacios, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723–9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

ANEXOS

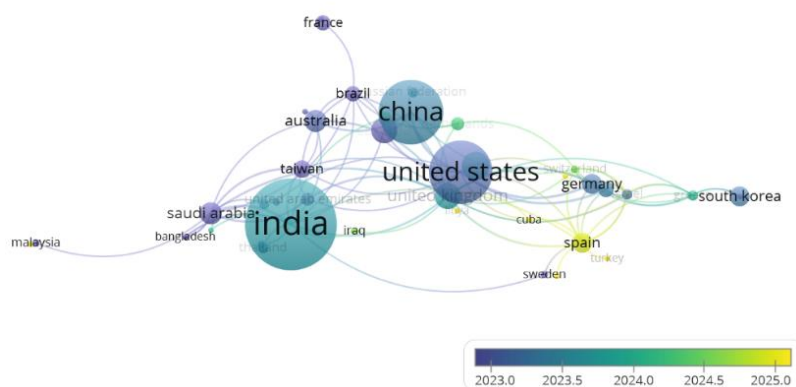
Anexo A. Mapa bibliométrico de palabras clave.



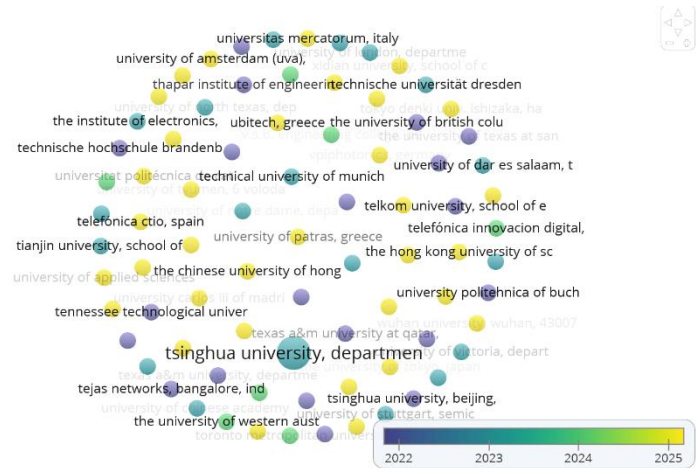
Anexo B. Mapa bibliométrico de autores



Anexo C. Mapa bibliométrico por frecuencia de países



Anexo D. Mapa de coautoría institucional



Anexo E. Artículos para la revisión de alcance

Nº	Título	Autor(es) (Año)	Metodología	Técnica	Instrumento
1	Prediction of Vertical Vibrations of a CNC Router Type Geometry	Vázquez & Guajardo (2024)	Cuantitativo	Recolección de datos, medición de rigurosidad	Simulación, FEM, sistema experimental
2	Smart IoT SCADA System for Hybrid Power Monitoring	Waqas & Jamil (2024)	Cuantitativo	Recolección de datos, observación directa	Sensores, ESP32, GSM, Blynk
3	Web Page Classification for Home Routers	Janavičiūtė et al. (2025)	Cuantitativo	Recolección de datos	Router, modelos ML
4	Sensor Monitoring of Conveyor Operation	Hrabovský et al. (2025)	Cuantitativo	Observación directa, medición de rigurosidad	Sensores de vibración

Nº	Título	Autor(es) (Año)	Metodología	Técnica	Instrumento
5	Wi-Fi Fingerprinting Indoor Positioning System	Xiao et al. (2025)	Cuantitativo	Recolección de datos	Routers Wi-Fi
6	Miniaturized Shear Testing of Plywood	Tuninetti et al. (2024)	Cuantitativo	Ensayos de corte, medición de rigurosidad	Máquina de ensayos
7	RCE Neural Network Accelerator	Kang et al. (2024)	Cuantitativo	Recolección de datos	FPGA
8	Structural Constellations Analysis	Kokkori et al. (2025)	Mixto	Observación directa, recolección de datos	FTIR, microscopio
9	Wireless Sensing for Fire Rescue	Tang et al. (2024)	Cuantitativo	Recolección de datos	Router Wi-Fi
10	Probabilistic Boolean Network Smart Grid	Rivera- Torres et al. (2024)	Cuantitativo	Recolección de datos	Simulación
11	Railway Energy Router Control Strategy	Lian et al. (2023)	Cuantitativo	Recolección de datos	Simulación
12	CNC Router Rapid Prototyping	Rianmora et al. (2024)	Mixto	Ensayos de corte, observación directa, medición de rigurosidad	CNC router, CAD/FEA

Nº	Título	Autor(es) (Año)	Metodología	Técnica	Instrumento
13	Memory Processing Unit Neural Model	García et al. (2025)	Cuantitativo	Recolección de datos	Modelos computacionales
14	Network Traffic Prediction	Mwita et al. (2023)	Cuantitativo	Recolección de datos	RStudio
15	Internet Congestion Detection	Kaur et al. (2025)	Cuantitativo	Recolección de datos	NetFlow
16	Router Alias Classifier	Xie et al. (2024)	Cuantitativo	Recolección de datos	Dataset IPv4
17	Composite Machining CNC	Suhami et al. (2023)	Cuantitativo	Ensayos de corte, medición de rugosidad	Rugosímetro
18	IoT Security Framework	Agrawal et al. (2025)	Cuantitativo	Recolección de datos	Raspberry Pi
19	Fault Detection Virtual Network	Wang & Fang (2023)	Cuantitativo	Recolección de datos	Redes virtuales
20	Reinforcement Learning Routing	Nemoto & Matsutani (2023)	Cuantitativo	Recolección de datos	Simulador
21	Federated Learning IDS	Ilias et al. (2026)	Cuantitativo	Recolección de datos	Datasets
22	Wi-Fi Sensing ML	Ali et al. (2023)	Cuantitativo	Recolección de datos	Dataset CSI

Nº	Título	Autor(es) (Año)	Metodología	Técnica	Instrumento
23	3D Printing PLA + Glass	Castañón et al. (2023)	Cuantitativo	Ensayos de corte, medición de rigurosidad, recolección de datos	Impresora 3D
24	Milling Bamboo Composites	Ding et al. (2023)	Cuantitativo	Ensayos de corte, medición de rigurosidad	Fresadora
25	Machining Parameters Bamboo	Aykac & Sofuoglu (2021)	Cuantitativo	Ensayos de corte, medición de rigurosidad	Herramientas de corte
26	Thin-Walled Parts by PBF- LB/M	Cai et al. (2024)	Cuantitativo	Recolección de datos, medición de rigurosidad	Sistema láser
27	Programación de torno CNC	De la Cruz et al. (2023)	Cualitativo	Observación directa	Torno CNC
28	Lean Manufacturing en empresa	Henríquez et al. (2025)	Cuantitativo	Observación directa, registro de tiempos, recolección de datos	Registros de producción
29	Cutting Forces in CNC Machining	Sousa et al. (2020)	Cualitativo	Recolección de datos, observación directa	Dinamómetro, sensores de fuerza
30	Stability Modeling for Chatter Avoidance	Greis et al. (2023)	Cuantitativo	Recolección de datos, medición de rigurosidad	Modelos ML + simulación

Anexo F. Matriz de operacionalización de la variable dependiente

ADAPTACIÓN DE TORNO CON ROUTER INCORPORADO, PARA OPTIMIZAR EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADUA, EN LA UPSE						
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimenciones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Optimización del corte espiral	El mecanizado helicoidal o espiral es un proceso de corte que permite generar trayectorias continuas sobre materiales cilíndricos mediante movimientos coordinados de rotación y avance longitudinal de la herramienta (Molina & García, 2023).	La variable será medida mediante la ejecución de cortes espirales en probetas de caña guadua utilizando el torno adaptado con router incorporado, considerando parámetros de precisión, uniformidad y calidad superficial obtenidos durante el mecanizado.	Parámetros de corte	Velocidad de rotación aplicada	Medición directa	Tacómetro
				Profundidad del corte espiral	Medición	Calibrador vernier
			Uniformidad del espiral	Continuidad del espiral	Observación técnica	Ficha de observación
				Constancia del paso helicoidal	Inspección dimensional	Regla metálica
			Precisión del mecanizado	Exactitud de las dimensiones del corte	Medición técnica	Calibrador vernier
				Nivel de desviación del espiral	Comparación dimensional	Ficha técnica
			Calidad superficial	Acabado superficial de la guadua	Observación visual	Ficha de control
				Presencia de astillamientos	Inspección visual	Registro fotográfico
			Eficiencia del proceso	Tiempo de mecanizado	Cronometraje	Cronómetro digital
				Continuidad operativa del corte	Observación experimental	Ficha técnica

Anexo G. Matriz de operacionalización de la variable independiente

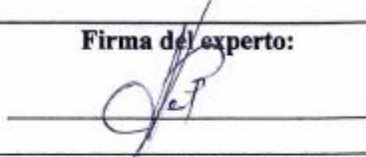
TÍTULO						
ADAPTACIÓN DE TORNO CON ROUTER INCORPORADO, PARA OPTIMIZAR EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADUA, EN LA UPSE						
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimenciones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Adaptación de torno con router	Un sistema de mecanizado está conformado por máquinas herramienta y elementos de corte que permiten transformar materiales mediante procesos mecánicos de alta precisión (Alekvs, 2025).	La variable será medida mediante el proceso de adaptación del router al torno convencional, considerando el ensamble, alineación, calibración y funcionamiento del sistema durante las pruebas de corte espiral en caña guadua.	Adaptación mecánica	Alineación del router con el eje del torno	Observación directa	Ficha de observación
				Nivel de estabilidad estructural	Observación técnica	Registro técnico
			Funcionamiento operativo	Velocidad de rotación del sistema	Medición directa	Tacómetro
				Presencia de vibraciones durante el mecanizado	Observación experimental	Ficha de control
			Precisión del mecanizado	Exactitud del corte espiral	Medición	Calibrador vernier
				Uniformidad del paso helicoidal	Inspección técnica	Regla metálica
			Eficiencia del proceso	Tiempo de mecanizado	Cronometraje	Cronómetro digital
				Continuidad del proceso de corte	Observación directa	Ficha técnica
			Calidad del corte	Acabado superficial de la guadua	Inspección visual	Ficha de observación
				Presencia de astillamientos o deformaciones	Observación técnica	Registro fotográfico

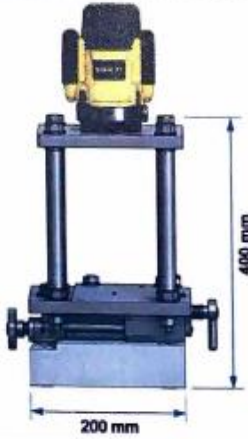
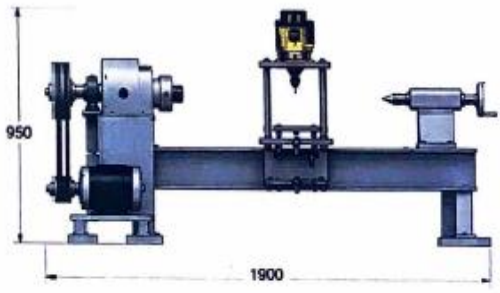
Anexo H. Ficha técnica del instrumento

Ficha técnica del instrumento.

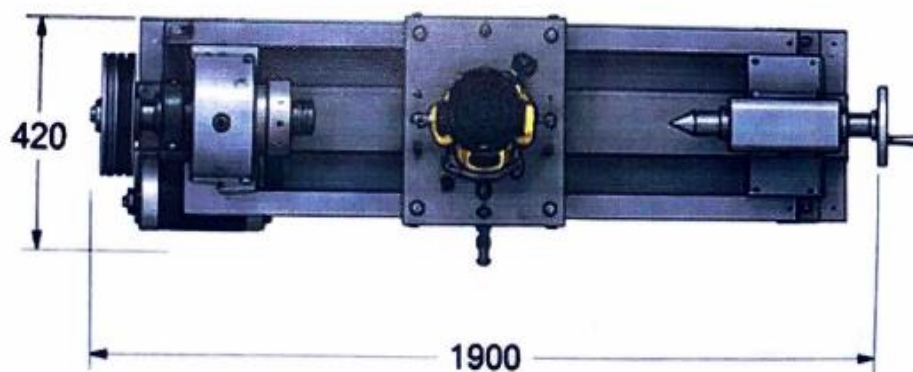
Nº	Aspecto	Descripción
1	Técnica	Juicio de expertos mediante cuestionario estructurado.
2	Nombre del instrumento	Cuestionario para la validación de la propuesta de adaptación de un torno convencional con router incorporado.
3	Autores	<i>Carchi Palacios Kelvin Leonardo y Pozo Pozo Marlon Paúl</i>
4	Fecha	2026
5	Objetivo	Evaluar la pertinencia, factibilidad técnica y funcionalidad del diseño propuesto para la adaptación de un torno convencional con router incorporado, destinado a optimizar el corte espiral en probetas de caña guadua, mediante la valoración de especialistas en el área mecánica e industrial.
6	Dirigido	Expertos en Ingeniería Mecánica, Ingeniería Industrial y profesionales con experiencia en diseño mecánico, manufactura y procesos de mecanizado.
7	Administración	Carrera de Ingeniería Industrial – Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE).
8	Aplicación	Individual.
9	Duración	15–20 minutos.
10	Tipo de ítems	Preguntas cerradas.
11	N.º de ítems	20 preguntas.
12	Distribución	D1: Diseño mecánico (2 ítems). D2: Integración de componentes (2 ítems). D3: Funcionalidad operativa (2 ítems). D4: Precisión del mecanizado (2 ítems). D5: Calidad del corte (2 ítems). D6: Estabilidad estructural (2 ítems). D7: Seguridad operativa (2 ítems). D8: Ergonomía y mantenimiento (2 ítems). D9: Viabilidad técnica (2 ítems). D10: Optimización del proceso (2 ítems).
13	Escala valorativa	Escala de Likert
	Muy inadecuado	1
	Inadecuado	2
	Moderadamente adecuado	3
	Adecuado	4
	Muy adecuado	5
14	Nivel de valoración	Bajo: 20–46 puntos. Medio: 47–73 puntos. Alto: 74–100 puntos.

EVIDENCIA DE VALIDACIÓN DEL DISEÑO PRELIMINAR

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA Facultad de Ciencias de la Ingeniería Carrera de Ingeniería Industrial						
Asunto: Validación del diseño preliminar mediante juicio de expertos						
Opinión: Yo, <u>GERMANO ANTONIO HERAN BRUNETI</u>, con C.I. N.º <u>0909254260</u>, en calidad de profesional con experiencia en el área de diseño mecánico, manufactura o procesos industriales, emito mi criterio técnico respecto a la propuesta desarrollada por los estudiantes Carchi Palacios Kelvin Leonardo y Pozo Pozo Marlon Paúl, correspondiente al tema de investigación: "Adaptación de un torno convencional con router incorporado para optimizar el corte espiral en caña guadua, en la Universidad Estatal Península de Santa Elena". La presente validación tiene como finalidad evaluar la pertinencia, funcionalidad, viabilidad técnica, estabilidad estructural y factibilidad de implementación del diseño propuesto, considerando los aspectos relacionados con el mecanizado, la seguridad operativa y el desempeño esperado del sistema adaptado.						
Firma del experto: 						
DISEÑO PRELIMINAR PROPUESTO 						
Ítem de evaluación	ESCALA DE VALORACIÓN					RESPUESTA DE EXPERTO
	1 = Muy inadecuado	2 = Inadecuado	3 = Moderadamente adecuado	4 = Adecuado	5 = Muy adecuado	

Nº	Dimensiones / Indicadores / Ítems	1	2	3	4	5	Observaciones
Dimensión 1: Diseño mecánico							
1	¿La configuración general del diseño es adecuada para la adaptación del router al torno convencional?	1	2	3	4	5	
2	¿Las dimensiones propuestas son apropiadas para el funcionamiento del sistema?	1	2	3	4	5	
VISTA FRONTAL  VISTA DEL CARRO DESLIZANTE 							
Dimensión 2: Integración de componentes							
3	¿La ubicación propuesta para el router facilita su integración con el torno convencional?	1	2	3	4	5	
4	¿La distribución de los componentes favorece el correcto funcionamiento del sistema?	1	2	3	4	5	
Dimensión 3: Funcionalidad operativa							
5	¿El diseño propuesto permite realizar operaciones de corte espiral en caña guadua?	1	2	3	4	5	
6	¿El sistema presenta condiciones adecuadas para ejecutar el proceso de mecanizado?	1	2	3	4	5	
 							

Dimensión 4: Precisión del mecanizado						
7	¿La propuesta favorece la alineación entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo?	1	2	3	④	5
8	¿El diseño contribuiría a obtener uniformidad durante el corte espiral?	1	2	3	④	5
Dimensión 5: Calidad del corte						
9	¿El diseño presenta características que favorecen un adecuado acabado superficial?	1	2	3	4	⑤
10	¿La propuesta podría contribuir a disminuir irregularidades durante el mecanizado?	1	2	3	④	5
Dimensión 6: Estabilidad estructural						
11	¿La estructura diseñada presenta condiciones adecuadas de estabilidad mecánica?	1	2	3	4	⑤
12	¿Los elementos estructurales considerados son apropiados para soportar las cargas de trabajo previstas?	1	2	3	4	⑤
Dimensión 7: Seguridad operativa						
13	¿El diseño incorpora elementos que contribuyen a la seguridad del operador?	1	2	3	④	5
14	¿Los sistemas de fijación propuestos brindan condiciones adecuadas de seguridad durante la operación?	1	2	3	④	5



Dimensión 8: Ergonomía y mantenimiento					
15	¿La disposición de los componentes facilita las actividades de operación y mantenimiento?	1	2	3	4
16	¿El acceso a los elementos principales del sistema resulta adecuado para el usuario?	1	2	3	4



LISTA DE PARTES			
Nº	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANT.
1	Router Stanley SFR1200-B3	-	1
2	Placa soporte router	Acero A36	1
3	Columnas (tubo cuadrado)	Acero A36	4
4	Carril deslizante	Acero A36	1
5	Sistema de fijación a la bancada	Acero A36	1
6	Tornillos y tuercas	Acero	-

Dimensión 9: Viabilidad técnica					
17	¿La propuesta es técnicamente viable para ser implementada en un torno convencional?	1	2	3	4
18	¿Los materiales y componentes seleccionados son adecuados para la construcción del sistema?	1	2	3	4
Dimensión 10: Optimización del proceso					
19	¿La propuesta presenta características que contribuirían a optimizar el proceso de corte espiral en caña guadua?	1	2	3	4
20	¿Considera que la propuesta podría reducir el tiempo de mecanizado durante la ejecución del corte espiral?	1	2	3	4

ESCALA VALORATIVA	
Valor	Criterio
1	Muy inadecuado
2	Inadecuado
3	Moderadamente adecuado
4	Adecuado
5	Muy adecuado

DATOS DEL EXPERTO	
Número de cédula	0909254260
Profesión	Ing. Industrial
Especialidad	Mg. Sc. en P.D.C.A. / Avanzada
Experiencia profesional	36 años
Institución donde labora	Docente UPSE
Correo institucional	gherrera@upse.edu.ec
Número de teléfono	0483178395
Fecha de validación	12 Julio 2026

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL DISEÑO PROPUESTO

Indicadores	Criterios	INADECUADO										MEDIANAMENTE ADECUADO										MUY ADECUADO										TOTALMENTE ADECUADO										Observaciones					
		0-20					21-40					41-60					61-80					81-100																									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100																									
Aspectos de validación																																															
1. Claridad	El diseño propuesto presenta información técnica comprensible y de fácil interpretación.																																														
2. Objetividad	La propuesta evidencia criterios técnicos verificables para la adaptación del sistema.																																														
3. Actualidad	El diseño considera tecnologías y fundamentos actualizados relacionados con procesos de mecanizado.																																														
4. Organización	Existe coherencia entre los componentes mecánicos que conforman la propuesta.																																														
5. Suficiencia	El diseño contempla los elementos necesarios para la ejecución del corte espiral.																																														
6. Funcionalidad	La adaptación propuesta permitiría cumplir con la función para la cual fue diseñada.																																														
7. Consistencia	El diseño presenta correspondencia entre sus objetivos, componentes y resultados esperados.																																														
8. Coherencia	Existe relación entre el diseño mecánico y la optimización del corte espiral en caña guadua.																																														
9. Viabilidad técnica	La propuesta es factible de implementarse utilizando los recursos planteados.																																														
10. Pertinencia	El diseño responde adecuadamente a la problemática planteada en la investigación.																																														
Instrucciones: La presente ficha tiene como finalidad que el experto evalúe el valor de la pertinencia, funcionalidad y factibilidad técnica del diseño propuesto. Para ello, deberá asignar una puntuación de acuerdo con el criterio que considere más apropiado para cada indicador y registrar las observaciones que estime convenientes.																																															
La Libertad, ____ de junio de 2026																																															
Experto: <u>Gerardo Antonio Herrera Pinetti</u>																																															
Profesión: <u>INGENIERO INDUSTRIAL</u>																																															
DNI/CI: <u>6909254260</u>																																															
Celular: <u>096178775</u>																																															
Tiempo de experiencia: <u>36 años</u>																																															
PROMEDIO: <u>95</u> PUNTOS: <u>855</u>																																															
Firma de Experto																																															

EVIDENCIA DE VALIDACIÓN DEL DISEÑO PRELIMINAR



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Carrera de Ingeniería Industrial

Asunto: Validación del diseño preliminar mediante juicio de expertos

Opinión: Yo, Pedro David Matos Páez, con C.I. N.º 0912164043, en calidad de profesional con experiencia en el área de diseño mecánico, manufactura o procesos industriales, emito mi criterio técnico respecto a la propuesta desarrollada por los estudiantes Carchi Palacios Kelvin Leonardo y Pozo Pozo Marlon Paúl, correspondiente al tema de investigación: "Adaptación de un torno convencional con router incorporado para optimizar el corte espiral en caña guadua, en la Universidad Estatal Península de Santa Elena". La presente validación tiene como finalidad evaluar la pertinencia, funcionalidad, viabilidad técnica, estabilidad estructural y factibilidad de implementación del diseño propuesto, considerando los aspectos relacionados con el mecanizado, la seguridad operativa y el desempeño esperado del sistema adaptado.

Firma del experto:

DISEÑO PRELIMINAR PROPUESTO



ESCALA DE VALORACIÓN

Ítem de evaluación

1 = Muy inadecuado

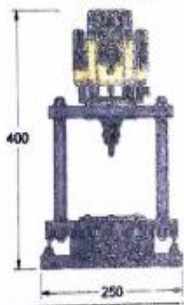
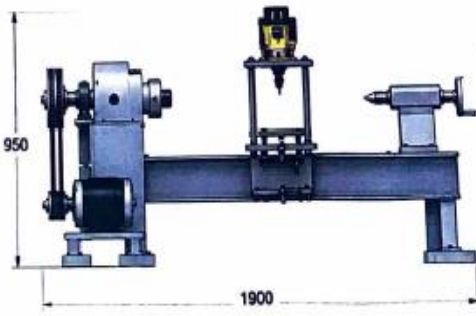
2 = Inadecuado

3 = Moderadamente adecuado

4 = Adecuado

5 = Muy adecuado

RESPUESTA DE EXPERTO

Nº	Dimensiones / Indicadores / Ítems	1	2	3	4	5	Observaciones
Dimensión 1: Diseño mecánico							
1	¿La configuración general del diseño es adecuada para la adaptación del router al torno convencional?	1	2	3	4	5	
2	¿Las dimensiones propuestas son apropiadas para el funcionamiento del sistema?	1	2	3	4	5	
VISTA FRONTAL  VISTA DEL CARRO DESLIZANTE 							
Dimensión 2: Integración de componentes							
3	¿La ubicación propuesta para el router facilita su integración con el torno convencional?	1	2	3	4	5	
4	¿La distribución de los componentes favorece el correcto funcionamiento del sistema?	1	2	3	4	5	
Dimensión 3: Funcionalidad operativa							
5	¿El diseño propuesto permite realizar operaciones de corte espiral en caña guadua?	1	2	3	4	5	
6	¿El sistema presenta condiciones adecuadas para ejecutar el proceso de mecanizado?	1	2	3	4	5	
 							

Dimensión 4: Precisión del mecanizado						
7	¿La propuesta favorece la alineación entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo?	1	2	3	④	5
8	¿El diseño contribuiría a obtener uniformidad durante el corte espiral?	1	2	3	④	5
Dimensión 5: Calidad del corte						
9	¿El diseño presenta características que favorecen un adecuado acabado superficial?	1	2	3	4	⑤
10	¿La propuesta podría contribuir a disminuir irregularidades durante el mecanizado?	1	2	3	④	5
Dimensión 6: Estabilidad estructural						
11	¿La estructura diseñada presenta condiciones adecuadas de estabilidad mecánica?	1	2	3	4	⑤
12	¿Los elementos estructurales considerados son apropiados para soportar las cargas de trabajo previstas?	1	2	3	4	⑤
Dimensión 7: Seguridad operativa						
13	¿El diseño incorpora elementos que contribuyen a la seguridad del operador?	1	2	3	④	5
14	¿Los sistemas de fijación propuestos brindan condiciones adecuadas de seguridad durante la operación?	1	2	3	④	5

Technical drawing of a lathe machine. The drawing shows a side view of the machine with a central headstock and a tailstock. The headstock has a large flywheel and a chuck. The tailstock has a tool post with a cutting tool. The machine is mounted on a bed. The dimensions are indicated as 420 (height) and 1900 (length).

Dimensión 8: Ergonomía y mantenimiento						
15	¿La disposición de los componentes facilita las actividades de operación y mantenimiento?	1	2	3	4	5
16	¿El acceso a los elementos principales del sistema resulta adecuado para el usuario?	1	2	3	4	5



N°	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANT.
1	Router Stanley SRR1200-83	-	1
2	Placa soporte router	Acero A36	1
3	Columnas (tubo cuadrado)	Acero A36	4
4	Carro deslizante	Acero A36	1
5	Sistema de fijación a la bancada	Acero A36	1
6	Tornillos y tuercas	Acero	-

Dimensión 9: Viabilidad técnica						
17	¿La propuesta es técnicamente viable para ser implementada en un torno convencional?	1	2	3	4	5
18	¿Los materiales y componentes seleccionados son adecuados para la construcción del sistema?	1	2	3	4	5

Dimensión 10: Optimización del proceso						
19	¿La propuesta presenta características que contribuirían a optimizar el proceso de corte espiral en caña guadua?	1	2	3	4	5
20	¿Considera que la propuesta podría reducir el tiempo de mecanizado durante la ejecución del corte espiral?	1	2	3	4	5

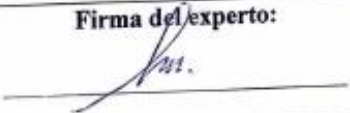
ESCALA VALORATIVA	
Valor	Criterio
1	Muy inadecuado
2	Inadecuado
3	Moderadamente adecuado
4	Adecuado
5	Muy adecuado

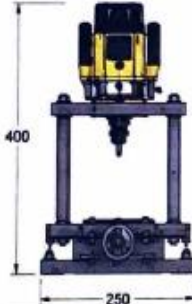
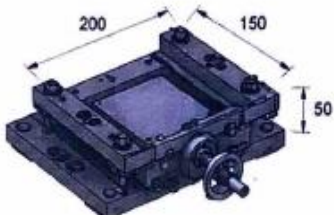
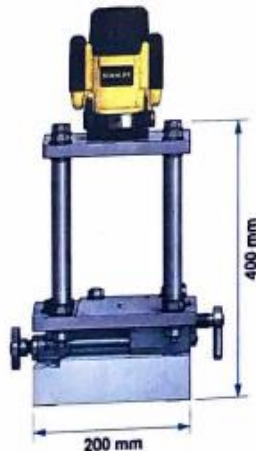
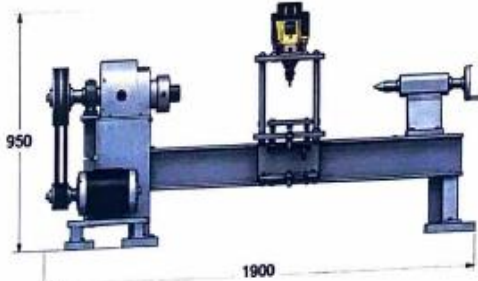
DATOS DEL EXPERTO	
Número de cédula	0912164043
Profesión	Ing. Industrial
Especialidad	Ing. Maestrero
Experiencia profesional	
Institución donde labora	DOCENTE UPSE
Correo institucional	vmata@upse.edu.ec
Número de teléfono	
Fecha de validación	17 Junio 2026

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL DISEÑO PROPUESTO

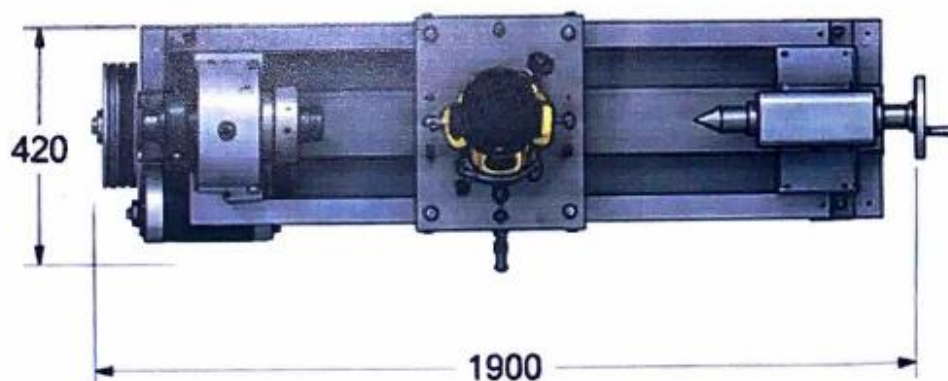
Indicadores	Criterios	MEDIANAMENTE ADECUADO										MUY ADECUADO										TOTALMENTE ADECUADO					Observaciones
		0-20					21-40					41-60					61-80					81-100					
		0	5	10	15	20	21	25	30	35	40	41	45	50	55	60	61	65	70	75	80	81	85	90	95	100	
Aspectos de validación																											
1. Claridad	El diseño propuesto presenta información técnica comprensible y de fácil interpretación.																										
2. Objetividad	La propuesta evidencia criterios técnicos verificables para la adaptación del sistema.																										
3. Actualidad	El diseño considera tecnologías y fundamentos actualizados relacionados con procesos de mecanizado.																										
4. Organización	Existe coherencia entre los componentes mecánicos que conforman la propuesta.																										
5. Suficiencia	El diseño contempla los elementos necesarios para la ejecución del corte espiral.																										
6. Funcionalidad	La adaptación propuesta permitiría cumplir con la función para la cual fue diseñada.																										
7. Coesistencia	El diseño presenta correspondencia entre sus objetivos, componentes y resultados esperados.																										
8. Coherencia	Existe relación entre el diseño mecánico y la optimización del corte espiral en caña guadua.																										
9. Viabilidad técnica	La propuesta es factible de implementarse utilizando los recursos planteados.																										
10. Pertinencia	El diseño responde adecuadamente a la problemática planteada en la investigación.																										
Instrucciones: La presente ficha tiene como finalidad que el experto evaluador valore la pertinencia, funcionalidad y factibilidad técnica del diseño propuesto. Para ello, deberá asignar una puntuación de acuerdo con el criterio que considere más apropiado para cada indicador y registrar las observaciones que estime convenientes.																											
La Libertad, 17 de Junio de 2026																											
Experto: Ing. Víctor Platas Dsc.																											
Profesión: Ing. Industrial																											
DNI/CI: 0917167043																											
Celular:																											
Tiempo de experiencia: 25 años																											
PROMEDIO: 85 PUNTOS: (85)																											
FIRMA DE EXPERTO																											

EVIDENCIA DE VALIDACIÓN DEL DISEÑO PRELIMINAR

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA Facultad de Ciencias de la Ingeniería Carrera de Ingeniería Industrial											
Asunto: Validación del diseño preliminar mediante juicio de expertos												
Opinión: Yo, <u>Alfonso Cristóbal Vela Aguayo</u>, con C.I. N.º <u>0918182280</u>, en calidad de profesional con experiencia en el área de diseño mecánico, manufactura o procesos industriales, emito mi criterio técnico respecto a la propuesta desarrollada por los estudiantes Carchi Palacios Kelvin Leonardo y Pozo Pozo Marlon Paúl, correspondiente al tema de investigación: "Adaptación de un torno convencional con router incorporado para optimizar el corte espiral en caña guadua, en la Universidad Estatal Península de Santa Elena". La presente validación tiene como finalidad evaluar la pertinencia, funcionalidad, viabilidad técnica, estabilidad estructural y factibilidad de implementación del diseño propuesto, considerando los aspectos relacionados con el mecanizado, la seguridad operativa y el desempeño esperado del sistema adaptado.												
Firma del experto: 												
DISEÑO PRELIMINAR PROPUESTO 												
Ítem de evaluación	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">ESCALA DE VALORACIÓN</th> <th rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">RESPUESTA DE EXPERTO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; width: 15%;">1 = Muy Inadecuado</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">2 = Inadecuado</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">3 = Moderadamente adecuado</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">4 = Adecuado</td> <td style="text-align: center; width: 15%;">5 = Muy adecuado</td> </tr> </table>	ESCALA DE VALORACIÓN					RESPUESTA DE EXPERTO	1 = Muy Inadecuado	2 = Inadecuado	3 = Moderadamente adecuado	4 = Adecuado	5 = Muy adecuado
ESCALA DE VALORACIÓN					RESPUESTA DE EXPERTO							
1 = Muy Inadecuado	2 = Inadecuado	3 = Moderadamente adecuado	4 = Adecuado	5 = Muy adecuado								

Nº	Dimensiones / Indicadores / Ítems	1	2	3	4	5	Observaciones
Dimensión 1: Diseño mecánico							
1	¿La configuración general del diseño es adecuada para la adaptación del router al torno convencional?	1	2	3	4	5	
2	¿Las dimensiones propuestas son apropiadas para el funcionamiento del sistema?	1	2	3	4	5	
VISTA FRONTAL  VISTA DEL CARRO DESLIZANTE 							
Dimensión 2: Integración de componentes							
3	¿La ubicación propuesta para el router facilita su integración con el torno convencional?	1	2	3	4	5	
4	¿La distribución de los componentes favorece el correcto funcionamiento del sistema?	1	2	3	4	5	
Dimensión 3: Funcionalidad operativa							
5	¿El diseño propuesto permite realizar operaciones de corte espiral en caña guadua?	1	2	3	4	5	
6	¿El sistema presenta condiciones adecuadas para ejecutar el proceso de mecanizado?	1	2	3	4	5	
 							

Dimensión 4: Precisión del mecanizado					
7	¿La propuesta favorece la alineación entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo?	1	2	3	(4) 5
8	¿El diseño contribuiría a obtener uniformidad durante el corte espiral?	1	2	3	(4) 5
Dimensión 5: Calidad del corte					
9	¿El diseño presenta características que favorecen un adecuado acabado superficial?	1	2	3	4 (5)
10	¿La propuesta podría contribuir a disminuir irregularidades durante el mecanizado?	1	2	3	(4) 5
Dimensión 6: Estabilidad estructural					
11	¿La estructura diseñada presenta condiciones adecuadas de estabilidad mecánica?	1	2	3	4 (5)
12	¿Los elementos estructurales considerados son apropiados para soportar las cargas de trabajo previstas?	1	2	3	4 (5)
Dimensión 7: Seguridad operativa					
13	¿El diseño incorpora elementos que contribuyen a la seguridad del operador?	1	2	3	(4) 5
14	¿Los sistemas de fijación propuestos brindan condiciones adecuadas de seguridad durante la operación?	1	2	3	(4) 5



Dimensión 8: Ergonomía y mantenimiento						
15	¿La disposición de los componentes facilita las actividades de operación y mantenimiento?	1	2	3	4	5
16	¿El acceso a los elementos principales del sistema resulta adecuado para el usuario?	1	2	3	4	5



Nº	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANT.
1	Router Stanley SRR1200 B3	-	1
2	Pieza soporte router	Acero A36	1
3	Columnas (tubo cuadrado)	Acero A36	4
4	Carro deslizante	Acero A36	1
5	Sistema de fijación a la bancada	Acero A36	1
6	Tornillos y tuercas	Acero	-

Dimensión 9: Viabilidad técnica						
17	¿La propuesta es técnicamente viable para ser implementada en un torno convencional?	1	2	3	4	5
18	¿Los materiales y componentes seleccionados son adecuados para la construcción del sistema?	1	2	3	4	5

Dimensión 10: Optimización del proceso						
19	¿La propuesta presenta características que contribuirían a optimizar el proceso de corte espiral en caña guadua?	1	2	3	4	5
20	¿Considera que la propuesta podría reducir el tiempo de mecanizado durante la ejecución del corte espiral?	1	2	3	4	5

ESCALA VALORATIVA	
Valor	Criterio
1	Muy inadecuado
2	Inadecuado
3	Moderadamente adecuado
4	Adecuado
5	Muy adecuado

DATOS DEL EXPERTO	
Número de cédula	0908182280
Profesión	Ing. Mecánico
Especialidad	Circuitos técnicos
Experiencia profesional	Ing. Mecánico, Academia
Institución donde labora	UPSE
Correo institucional	avelaz@hotmail.com
Número de teléfono	0996866282
Fecha de validación	12/06/2026

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL DISEÑO PROPUESTO

Indicadores	Criterios	INADECUADO					MEDIANA MENTE ADECUADO					ADECUADO					MUY ADECUADO					TOTALMENTE ADECUADO					Observaciones																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		0-20					21-40					41-60					61-80					81-100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Aspectos de validación																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1. Claridad	El diseño propuesto presenta información técnica comprensible y de fácil interpretación.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

Instrucciones: La presente ficha tiene como finalidad que el experto evaluador valore la pertinencia, funcionalidad y factibilidad técnica del diseño propuesto. Para ello, deberá asignar una puntuación de acuerdo con el criterio que considere más apropiado para cada indicador y registrar las observaciones que estime convenientes.

La Libertad, ____ de Junio de 2026

Experto: Alfonso C. Velazquez PROMEDIO: 98 PUNTOS: 183

Profesión: Ing. Mecánico

DNI/CI: 89818289

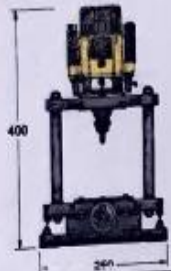
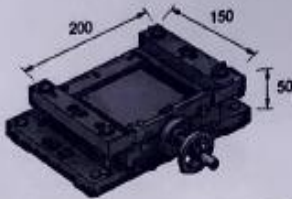
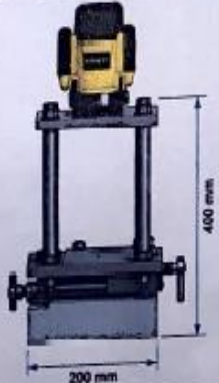
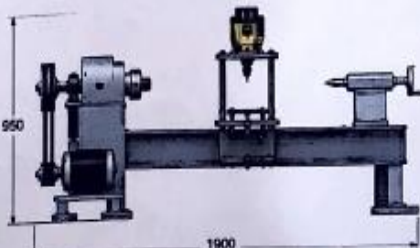
Celular: 99886677

Tiempo de experiencia: 30

FIRMA DE EXPERTO

EVIDENCIA DE VALIDACIÓN DEL DISEÑO PRELIMINAR

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA Facultad de Ciencias de la Ingeniería Carrera de Ingeniería Industrial					
Asunto: Validación del diseño preliminar mediante juicio de expertos					
Opinión: Yo, <u>John Montenegro Carvajal</u>, con C.I. N.º <u>0916662503</u>, en calidad de profesional con experiencia en el área de diseño mecánico, manufactura o procesos industriales, emito mi criterio técnico respecto a la propuesta desarrollada por los estudiantes Carchi Palacios Kelvin Leonardo y Pozo Pozo Marlon Paúl, correspondiente al tema de investigación: "Adaptación de un torno convencional con router incorporado para optimizar el corte espiral en caña guadua, en la Universidad Estatal Península de Santa Elena". La presente validación tiene como finalidad evaluar la pertinencia, funcionalidad, viabilidad técnica, estabilidad estructural y factibilidad de implementación del diseño propuesto, considerando los aspectos relacionados con el mecanizado, la seguridad operativa y el desempeño esperado del sistema adaptado.					
Firma del experto: 					
DISEÑO PRELIMINAR PROPUESTO 					
Ítem de evaluación	ESCALA DE VALORACIÓN				
	1 = Muy inadecuado	2 = Inadecuado	3 = Moderadamente adecuado	4 = Adecuado	5 = Muy adecuado
					RESPUESTA DE EXPERTO

Nº	Dimensiones / Indicadores / Ítems	1	2	3	4	5	Observaciones
Dimensión 1: Diseño mecánico							
1	¿La configuración general del diseño es adecuada para la adaptación del router al torno convencional?	1	2	3	4	5	
2	¿Las dimensiones propuestas son apropiadas para el funcionamiento del sistema?	1	2	3	4	5	
VISTA FRONTAL  VISTA DEL CARRO DESLIZANTE 							
Dimensión 2: Integración de componentes							
3	¿La ubicación propuesta para el router facilita su integración con el torno convencional?	1	2	3	4	5	
4	¿La distribución de los componentes favorece el correcto funcionamiento del sistema?	1	2	3	4	5	
Dimensión 3: Funcionalidad operativa							
5	¿El diseño propuesto permite realizar operaciones de corte espiral en caña guadua?	1	2	3	4	5	
6	¿El sistema presenta condiciones adecuadas para ejecutar el proceso de mecanizado?	1	2	3	4	5	
 							

Dimensión 4: Precisión del mecanizado						
7	¿La propuesta favorece la alineación entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo?	1	2	3	4	5
8	¿El diseño contribuiría a obtener uniformidad durante el corte espiral?	1	2	3	4	5
Dimensión 5: Calidad del corte						
9	¿El diseño presenta características que favorecen un adecuado acabado superficial?	1	2	3	4	5
10	¿La propuesta podría contribuir a disminuir irregularidades durante el mecanizado?	1	2	3	4	5
Dimensión 6: Estabilidad estructural						
11	¿La estructura diseñada presenta condiciones adecuadas de estabilidad mecánica?	1	2	3	4	5
12	¿Los elementos estructurales considerados son apropiados para soportar las cargas de trabajo previstas?	1	2	3	4	5
Dimensión 7: Seguridad operativa						
13	¿El diseño incorpora elementos que contribuyen a la seguridad del operador?	1	2	3	4	5
14	¿Los sistemas de fijación propuestos brindan condiciones adecuadas de seguridad durante la operación?	1	2	3	4	5

The image shows a technical drawing of a lathe machine. It is a side view showing the main components: the headstock on the left, the tailstock on the right, and the bed in between. A central carriage is positioned on the bed. The drawing includes two dimension lines: a vertical one on the left indicating a height of 420, and a horizontal one at the bottom indicating a length of 1900. The machine is depicted in a dark blue color with some yellow highlights on the carriage and tool post.

Dimensión 8: Ergonomía y mantenimiento						
15	¿La disposición de los componentes facilita las actividades de operación y mantenimiento?	1	2	3	4	5
16	¿El acceso a los elementos principales del sistema resulta adecuado para el usuario?	1	2	3	4	5



LISTA DE PARTES			
Nº	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANT.
1	Router Stanley SRH1200-B3	-	1
2	Placa soporte router	Acero A36	1
3	Columnas (tubo cuadrado)	Acero A36	4
4	Carro deslizante	Acero A36	1
5	Sistema de fijación a la bancada	Acero A36	1
6	Lonchales y bujes	Acero	-

Dimensión 9: Viabilidad técnica						
17	¿La propuesta es técnicamente viable para ser implementada en un torno convencional?	1	2	3	4	5
18	¿Los materiales y componentes seleccionados son adecuados para la construcción del sistema?	1	2	3	4	5

Dimensión 10: Optimización del proceso						
19	¿La propuesta presenta características que contribuirían a optimizar el proceso de corte espiral en caña guadua?	1	2	3	4	5
20	¿Considera que la propuesta podría reducir el tiempo de mecanizado durante la ejecución del corte espiral?	1	2	3	4	5

ESCALA VALORATIVA	
Valor	Criterio
1	Muy inadecuado
2	Inadecuado
3	Moderadamente adecuado
4	Adecuado
5	Muy adecuado

DATOS DEL EXPERTO	
Nombre	John Montenegro
Número de cédula	09166f2503
Profesión	Ingeniero Químico
Especialidad	Maestría Gestión Ambiental
Experiencia profesional	15 años
Institución donde labora	UPSE
Correo institucional	jmontenegro@upse.edu.ec
Número de teléfono	0969529676
Fecha de validación	12/06/2026

FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS DEL DISEÑO PROPUESTO

Indicadores	Criterios	INADECUADO					MEDIANAMENTE ADECUADO					ADECUADO					MUY ADECUADO					TOTALMENTE ADECUADO					Observaciones
		0	5	10	15	20	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96					
Aspectos de validación																											
1. Claridad	El diseño propuesto presenta información técnica comprensible y de fácil interpretación.																										
2. Objetividad	La propuesta evidencia criterios técnicos verificables para la adaptación del sistema.																										
3. Actualidad	El diseño considera tecnologías y fundamentos actualizados relacionados con procesos de mecanizado.																										
4. Organización	Existe coherencia entre los componentes mecánicos que conforman la propuesta.																										
5. Suficiencia	El diseño contempla los elementos necesarios para la ejecución del corte espiral.																										
6. Funcionalidad	La adaptación propuesta permitiría cumplir con la función para la cual fue diseñada.																										
7. Consistencia	El diseño presenta correspondencia entre sus objetivos, componentes y resultados esperados.																										
8. Coherencia	Existe relación entre el diseño mecánico y la optimización del corte espiral en caña guadua.																										
9. Viabilidad técnica	La propuesta es factible de implementarse utilizando los recursos planteados.																										
10. Pertinencia	El diseño responde adecuadamente a la problemática planteada en la investigación.																										
Instrucciones: La presente ficha tiene como finalidad que el experto evaluador valore la pertinencia, funcionalidad y factibilidad técnica del diseño propuesto. Para ello, deberá asignar una puntuación de acuerdo con el criterio que considere más apropiado para cada indicador y registrar las observaciones que estime convenientes.																											

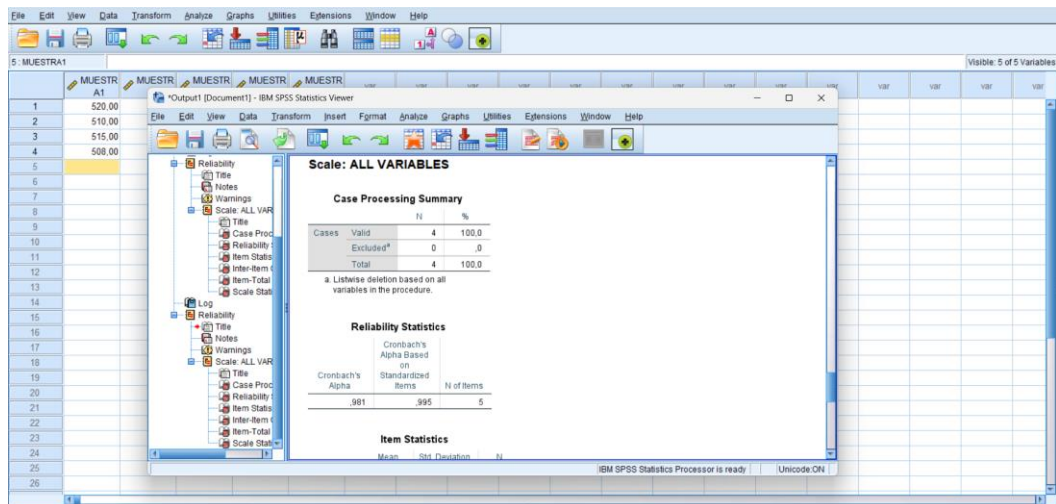
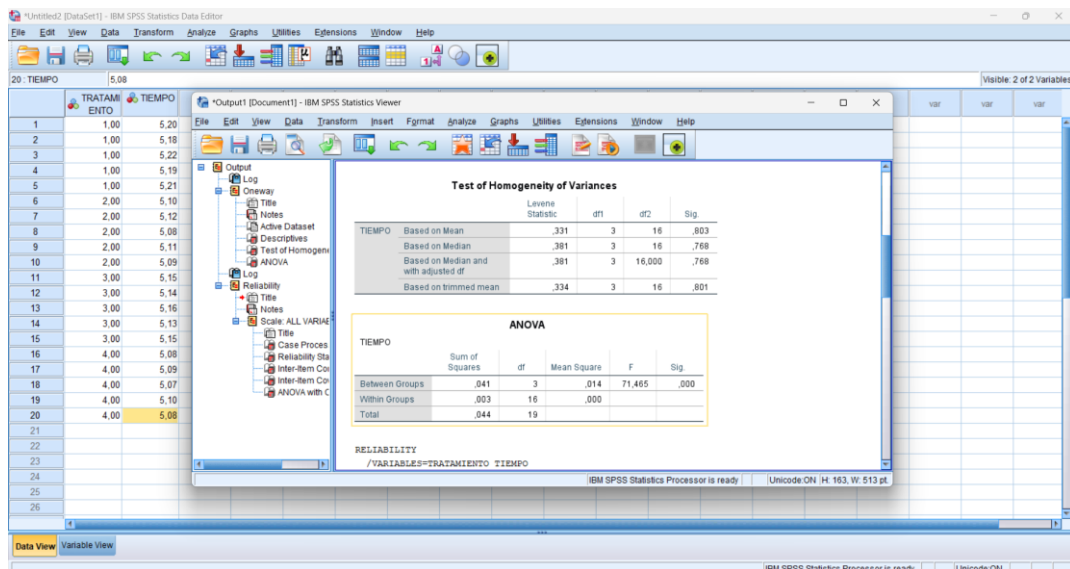
La Libertad, 12 de Junio de 2026

Experto: John Montenegro
Profesión: Ingeniero Químico
DNI/CI: 8816612104
Celular: 0969129678
Tiempo de experiencia: 15 años

PROMEDIO: 85.5 PUNTOS: (85)

FIRMA DE EXPERTO

Anexo I. Información transcrita en IBM SPSS Statistics.

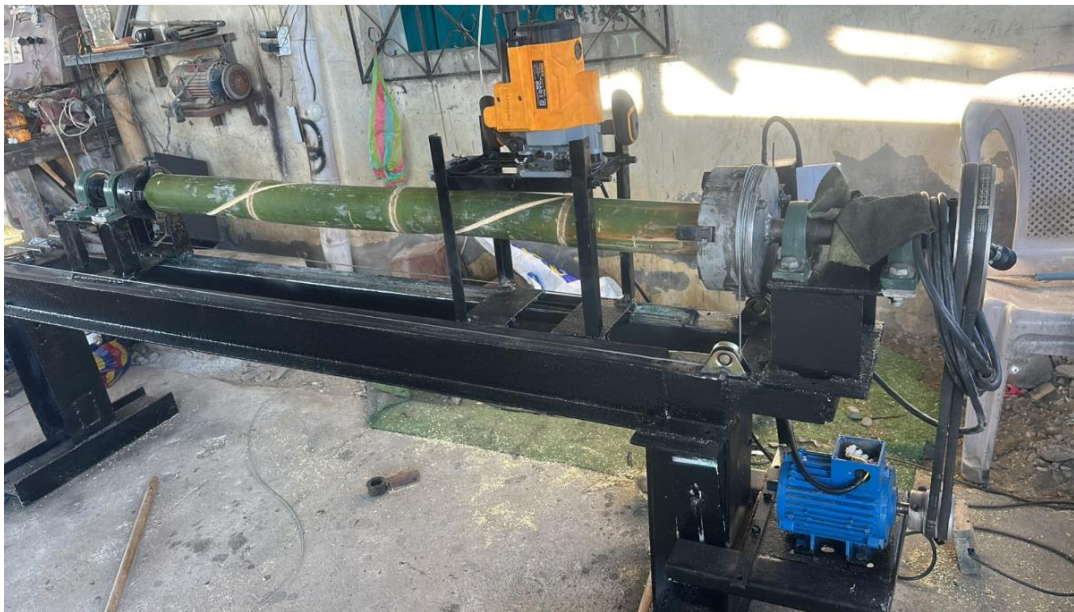


MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

(TORNO CONVENCIONAL ADAPTADO CON ROUTER
INCORPORADO PARA EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA
GUADÚA)

Código	Versión	Fecha de emisión	Documento
MF-TR-001	01	Septiembre 2026	Manual de funcionamiento

TORNO CONVENCIONAL ADAPTADO CON ROUTER INCORPORADO PARA EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADÚA



Elaborado por:

Carchi Kelvin

Pozo Marlon

Revisado por:

Carchi Kelvin

ÍNDICE

1	1. INTRODUCCIÓN	124
2	2. OBJETIVO DEL MANUAL	124
3	3. ALCANCE	124
4	4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	125
5	5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	125
6	6. IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES	126
7	7. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	126
8	8. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	128
9	9. PARÁMETROS DE MECANIZADO	130
10	10. SEGURIDAD DEL OPERADOR	130
11	11. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	132
12	12. REGISTRO DE OPERACIÓN	132

1 1. INTRODUCCIÓN

El presente manual describe el procedimiento adecuado para la operación del torno convencional adaptado con router incorporado para la ejecución de cortes espirales en caña guadúa.

El equipo desarrollado integra elementos mecánicos y eléctricos que permiten transformar un torno convencional en un sistema adaptado para realizar operaciones de mecanizado mediante una herramienta rotativa. La incorporación del router permite generar un patrón espiral uniforme sobre la superficie de la caña guadúa, mejorando el control del proceso y reduciendo el tiempo de fabricación.

Este documento proporciona información relacionada con la puesta en marcha, configuración, operación y recomendaciones de seguridad necesarias para garantizar un funcionamiento correcto del sistema.

2 2. OBJETIVO DEL MANUAL

Establecer los procedimientos técnicos necesarios para la correcta operación del torno adaptado con router incorporado, asegurando condiciones adecuadas de funcionamiento, seguridad del operador y conservación de los componentes del equipo.

3 3. ALCANCE

Este manual está dirigido al personal encargado de operar el torno adaptado durante el proceso de mecanizado de caña guadúa. Su aplicación comprende:

- Preparación del equipo.
- Instalación de la pieza de trabajo.
- Configuración del sistema eléctrico.
- Ajuste de parámetros de operación.
- Ejecución del corte espiral.

- Inspección del producto terminado.

4 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Vista general del torno convencional adaptado con router incorporado.



El equipo desarrollado corresponde a una adaptación realizada sobre un torno convencional, incorporando un módulo porta-router encargado de ejecutar el proceso de corte espiral en caña guadúa.

El sistema está compuesto por una estructura mecánica de soporte, un router eléctrico como herramienta de mecanizado, un motor trifásico de accionamiento y un variador de frecuencia Siemens SINAMICS V20, encargado de controlar las condiciones de operación del motor.

5 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

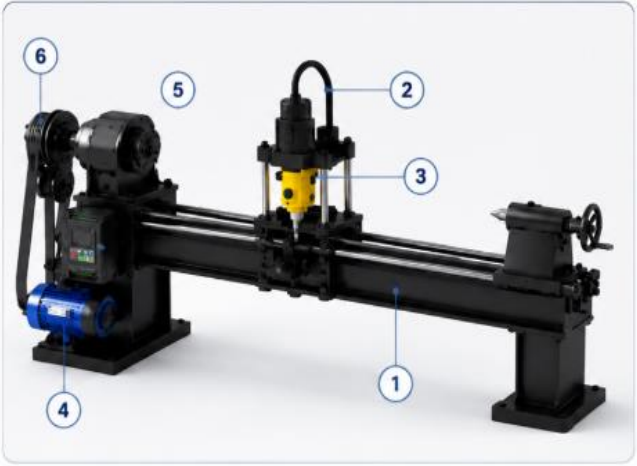
Parámetro	Especificación
Aplicación	Corte espiral en caña guadúa
Material de trabajo	Caña guadúa
Longitud de pieza utilizada	1.30 m
Motor eléctrico	Trifásico
Potencia del motor	1 HP
Alimentación	220 V AC
Variador de frecuencia	Siemens SINAMICS V20

Velocidad de operación	1750 RPM
Tipo de mecanizado	Arranque de viruta

6 6. IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES

Componentes principales del equipo.

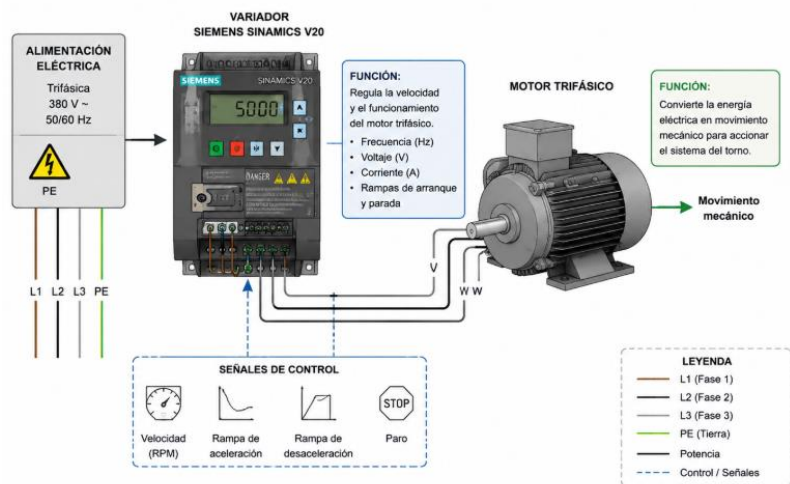
Nº	Componente	Función
1	Estructura del torno	Proporciona soporte y estabilidad al equipo.
2	Módulo porta-router	Permite fijar y guiar la herramienta de corte (router).
3	Router eléctrico	Ejecuta el mecanizado en la caña guadúa mediante el corte.
4	Motor trifásico	Genera el movimiento mecánico que acciona el sistema.
5	Variador Siemens V20	Regula la velocidad y el funcionamiento del motor.
6	Sistema de transmisión (poleas y correa)	Transmite el movimiento del motor al cabezal del torno mediante poleas.



1 Estructura del torno 4 Motor trifásico
2 Módulo porta-router 5 Variador Siemens V20
3 Router eléctrico 6 Sistema de transmisión (poleas y correa)

7 7. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del equipo inicia con la alimentación eléctrica del sistema, donde el variador Siemens SINAMICS V20 recibe la energía y controla los parámetros entregados al motor trifásico.



El motor genera el movimiento necesario para accionar el sistema mecánico, mientras que el router incorporado realiza el corte sobre la superficie de la caña guadúa mediante una herramienta rotativa.



El operador controla el proceso mediante el ajuste de la velocidad de operación y el posicionamiento del módulo porta-router, permitiendo obtener un corte espiral uniforme.



8 8. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

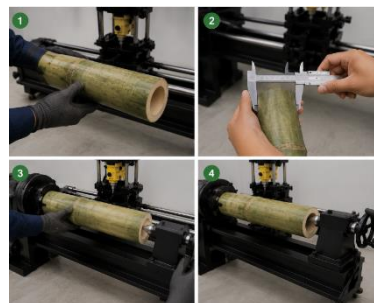
8.1 Inspección previa

- ☐ Verificar que la estructura del equipo se encuentre estable.
- ☐ Revisar conexiones eléctricas.
- ☐ Confirmar correcto ajuste de la herramienta.
- ☐ Verificar limpieza del área de trabajo.



8.2 Instalación de la pieza

1. Seleccionar la caña guadúa a mecanizar.
2. Verificar dimensiones de la pieza.
3. Colocar la caña en el sistema de sujeción.
4. Ajustar hasta garantizar estabilidad.



8.3 Configuración del sistema

1. Energizar el equipo.
2. Encender el variador Siemens SINAMICS V20.
3. Configurar la velocidad requerida.
4. Verificar funcionamiento del motor.



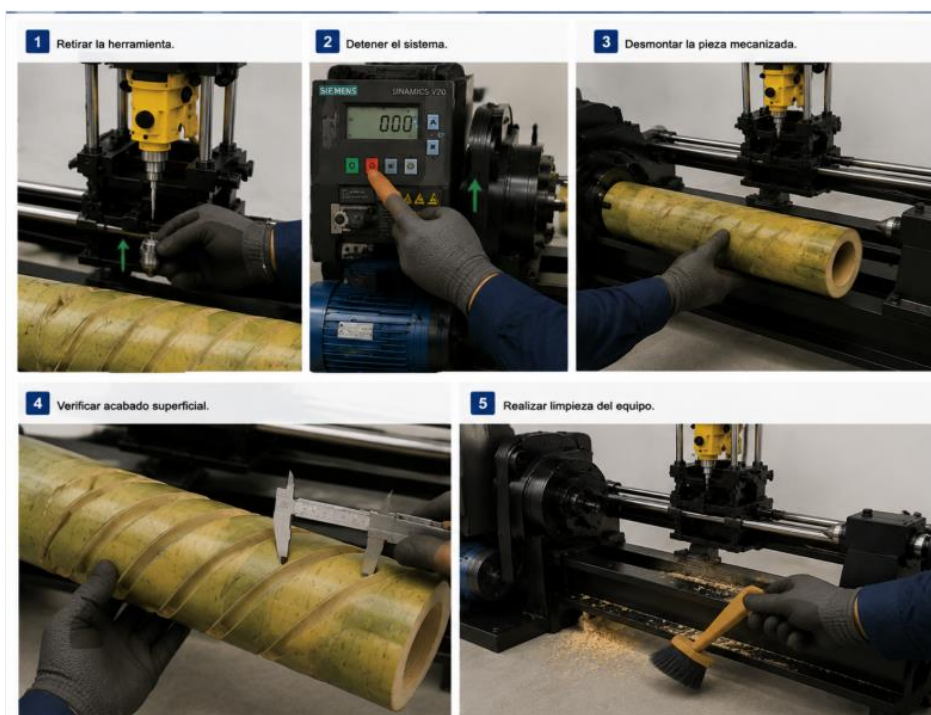
8.4 Ejecución del corte espiral

1. Posicionar el router sobre la pieza.
2. Activar el sistema de giro.
3. Realizar el desplazamiento controlado.
4. Mantener velocidad aproximada de 1750 RPM.
5. Supervisar el proceso hasta completar el recorrido.



8.5 Finalización

1. Retirar la herramienta.
2. Detener el sistema.
3. Desmontar la pieza mecanizada.
4. Verificar acabado superficial.
5. Realizar limpieza del equipo.



9 9. PARÁMETROS DE MECANIZADO

Parámetro	Valor
Material	Caña guadúa
Longitud	1.30 m – 6 m
Velocidad de operación	1750 RPM
Tiempo aproximado de corte	120 – 560 segundos
Tipo de corte	Espiral

10 10. SEGURIDAD DEL OPERADOR

10.1 Requisitos de seguridad

La operación del torno convencional adaptado con router incorporado debe realizarse considerando medidas preventivas que permitan reducir los riesgos asociados al uso de maquinaria rotativa, herramientas de corte y sistemas eléctricos. El operador deberá cumplir con las disposiciones de seguridad establecidas para trabajos con equipos industriales.

Para la operación segura del equipo se consideran como referencia las recomendaciones establecidas en:

- ISO 12100:2010 – Seguridad de las máquinas. Principios generales de diseño, evaluación y reducción del riesgo.
- ISO 11228 – Seguridad relacionada con la manipulación manual de cargas.
- IEC 60204-1 – Seguridad de las máquinas. Equipamiento eléctrico de las máquinas.
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Ecuador).

Equipo de protección personal obligatorio:

Durante la operación del torno convencional adaptado con router incorporado, el operador deberá utilizar los elementos de protección personal necesarios para reducir los riesgos asociados al proceso de mecanizado. El uso adecuado del equipo de protección permite minimizar posibles lesiones ocasionadas por partículas desprendidas, generación de viruta, niveles de ruido, manipulación de componentes y actividades de limpieza o mantenimiento del sistema.

Entre los elementos de protección requeridos se encuentra la protección ocular, destinada a evitar daños producidos por fragmentos o residuos expulsados durante el corte; la protección auditiva, que permite disminuir la exposición al ruido generado por el motor y la herramienta rotativa; el calzado de seguridad, encargado de proteger al operador frente a golpes, caída de elementos o contacto con residuos del proceso; y los guantes de protección, recomendados principalmente durante la preparación de la

pieza, manipulación del material y actividades de limpieza o mantenimiento del equipo. El uso constante de estos elementos contribuye a garantizar condiciones seguras durante la operación del prototipo.

- Protección ocular.



- Protección auditiva.



- Calzado de seguridad.



Advertencias:



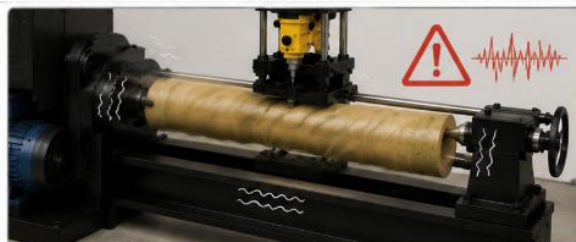
No manipular
elementos giratorios
durante la operación.



Desconectar la
alimentación eléctrica
antes de realizar
ajustes.



No operar el equipo
si presenta vibraciones
anormales.



11 11. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Problema	Posible causa	Acción
Corte irregular	Herramienta desgastada	Revisar o reemplazar fresa
Vibración excesiva	Mala fijación de pieza	Ajustar sujeción
Variación de velocidad	Configuración incorrecta V20	Revisar parámetros

12 12. REGISTRO DE OPERACIÓN

FORMATO DE REGISTRO DE OPERACIÓN

N°	FECHA (dd/mm/aaaa)	OPERADOR	MATERIAL PROCESADO	LONGITUD DE PIEZA (m)	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (RPM)	TIEMPO DE MECANIZADO (min)	HERRAMIENTA UTILIZADA	RESULTADO / OBSERVACIONES
1			Caña guadúa		1750 aprox.			
2			Caña guadúa		1750 aprox.			
3			Caña guadúa		1750 aprox.			
4			Caña guadúa		1750 aprox.			
5			Caña guadúa		1750 aprox.			
6			Caña guadúa		1750 aprox.			
7			Caña guadúa		1750 aprox.			
8			Caña guadúa		1750 aprox.			
9			Caña guadúa		1750 aprox.			
10			Caña guadúa		1750 aprox.			

DATOS DEL EQUIPO

CÓDIGO DEL EQUIPO : TR-RC-001	HERRAMIENTA PRINCIPAL : Router eléctrico con fresa helicoidal
EQUIPO : Torno convencional adaptado con router incorporado	MOTOR PRINCIPAL : Trifásico
PROCESO REALIZADO : Corte espiral en caña guadúa	RANGO DE VELOCIDAD : 0 – 2000 RPM
SISTEMA DE CONTROL : Variador Siemens SINAMICS V20	UBICACIÓN : Taller de mecanizado

VERIFICACIÓN FINAL DEL OPERADOR

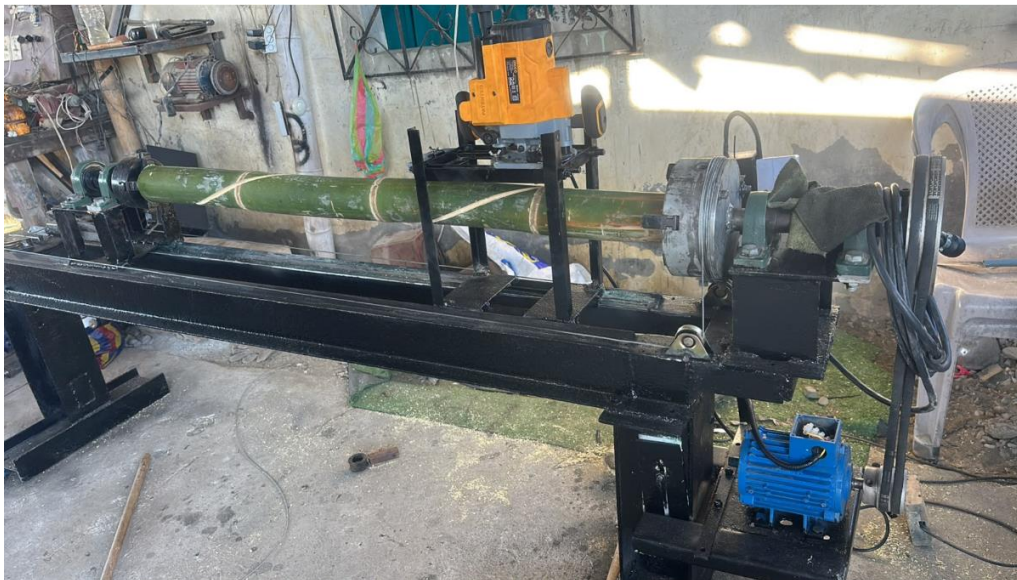
☐ La pieza fue correctamente sujeta.	☐ La velocidad de operación fue configurada correctamente.	☐ El corte espiral fue ejecutado sin interrupciones.	☐ El acabado superficial cumple con las condiciones requeridas.	☐ El equipo quedó limpio después de la operación.
OPERADOR Nombre: _____ Firma: _____		RESPONSABLE DE PRODUCCIÓN / SUPERVISOR Nombre: _____ Firma: _____		FECHA DE REGISTRO ____ / ____ / ____

MANUAL DE MANTENIMIENTO

(TORNO CONVENCIONAL ADAPTADO CON ROUTER
INCORPORADO PARA EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA
GUADÚA)

Código	MM-TR-001
Versión	01
Fecha de emisión	Septiembre 2026
Documento	Manual de mantenimiento
Área responsable	Ingeniería Industrial

TORNO CONVENCIONAL ADAPTADO CON ROUTER INCORPORADO PARA EL CORTE ESPIRAL EN CAÑA GUADÚA



Elaborado por:

Carchi Kelvin

Pozo Marlon

Revisado por:

Carchi Kelvin

ÍNDICE

1) 1. INTRODUCCIÓN	136
2) 2. OBJETIVO DEL MANUAL	136
3) 3. ALCANCE.....	136
4) 4. RESPONSABILIDADES DEL MANTENIMIENTO.	136
5) 5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO	137
6) 6. COMPONENTES PRINCIPALES Y MANTENIMIENTO	137
7) 7. TIPOS DE MANTENIMIENTO	137
8) 8. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	138
9) 9. MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.....	138
10) 10. MANTENIMIENTO MECÁNICO	140
11) 11. MANTENIMIENTO DEL ROUTER Y HERRAMIENTA E	140
12) 12. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN	141
13) 13. HERRAMIENTAS Y MATERIALES NECESARIOS.....	141
14) 14. SEGURIDAD DURANTE EL MANTENIMIENTO.....	142
15) 15. DIAGNÓSTICO DE FALLAS	142
16) 16. REGISTRO DE MANTENIMIENTO	143

1) 1. INTRODUCCIÓN

El presente Manual de Mantenimiento establece los procedimientos necesarios para conservar las condiciones adecuadas de funcionamiento del torno convencional adaptado con router incorporado para el corte espiral en caña guadúa.

El documento proporciona las actividades de inspección, limpieza, ajuste y revisión de los componentes mecánicos y eléctricos que forman parte del sistema, permitiendo prevenir fallas durante la operación y prolongar la vida útil del equipo.

El mantenimiento adecuado del prototipo garantiza que el sistema pueda trabajar bajo condiciones seguras, manteniendo la precisión del proceso de mecanizado y la calidad del acabado obtenido en la pieza procesada.

2) 2. OBJETIVO DEL MANUAL

Establecer las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo necesarias para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente del torno adaptado con router incorporado, reduciendo posibles fallas mecánicas y eléctricas durante su operación.

3) 3. ALCANCE

Este manual aplica para los componentes principales del sistema:

- Estructura del torno.
- Módulo porta-router.
- Router eléctrico.
- Motor trifásico.
- Variador Siemens SINAMICS V20.
- Sistema de transmisión mediante poleas.
- Elementos de fijación mecánica.

4) 4. RESPONSABILIDADES DEL MANTENIMIENTO.

Operador

El operador deberá:

- Realizar inspecciones antes y después del uso.
- Mantener limpia el área de trabajo.

- Reportar anomalías encontradas.
- Registrar actividades realizadas.

Personal encargado del mantenimiento

Será responsable de:

- Ejecutar mantenimiento preventivo.
- Verificar condiciones mecánicas y eléctricas.
- Realizar ajustes necesarios.
- Garantizar la disponibilidad del equipo.

5) 5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

El equipo corresponde a una adaptación realizada sobre un torno convencional, incorporando un módulo porta-router destinado al mecanizado de caña guadúa mediante un proceso de corte espiral.

El sistema está conformado por elementos mecánicos de soporte y movimiento, además de componentes eléctricos como un motor trifásico de 1 HP y un variador Siemens SINAMICS V20, encargado de controlar la velocidad de funcionamiento.

6) 6. COMPONENTES PRINCIPALES Y MANTENIMIENTO

Nº	Componente	Actividad de mantenimiento
1	Estructura del torno	Inspección de estabilidad, limpieza y revisión de fijaciones
2	Módulo porta-router	Verificación de ajuste y desplazamiento
3	Router eléctrico	Limpieza, revisión y cambio de herramienta
4	Motor trifásico	Limpieza y revisión de conexiones
5	Variador Siemens V20	Inspección eléctrica y ventilación
6	Sistema de transmisión	Revisión de poleas, alineación y tensión

7) 7. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento preventivo

Comprende las actividades programadas destinadas a evitar fallas antes de que ocurran.

Incluye:

- Limpieza.
- Lubricación.
- Ajuste de componentes.
- Inspección visual.
- Revisión eléctrica.

Mantenimiento correctivo

Se aplica cuando se presenta una falla que afecta el funcionamiento del equipo.

Ejemplos:

- Cambio de herramienta de corte.
- Ajuste de elementos mecánicos.
- Sustitución de componentes eléctricos dañados.

8) 8. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Elemento	Actividad	Frecuencia
Estructura	Limpieza general y revisión de tornillería	Semanal
Guías de desplazamiento	Limpieza y lubricación	Semanal
Router	Limpieza y revisión de fresa	Cada uso
Poleas	Verificación de alineación	Mensual
Motor	Limpieza externa y revisión	Mensual
Variador Siemens V20	Inspección de conexiones	Mensual

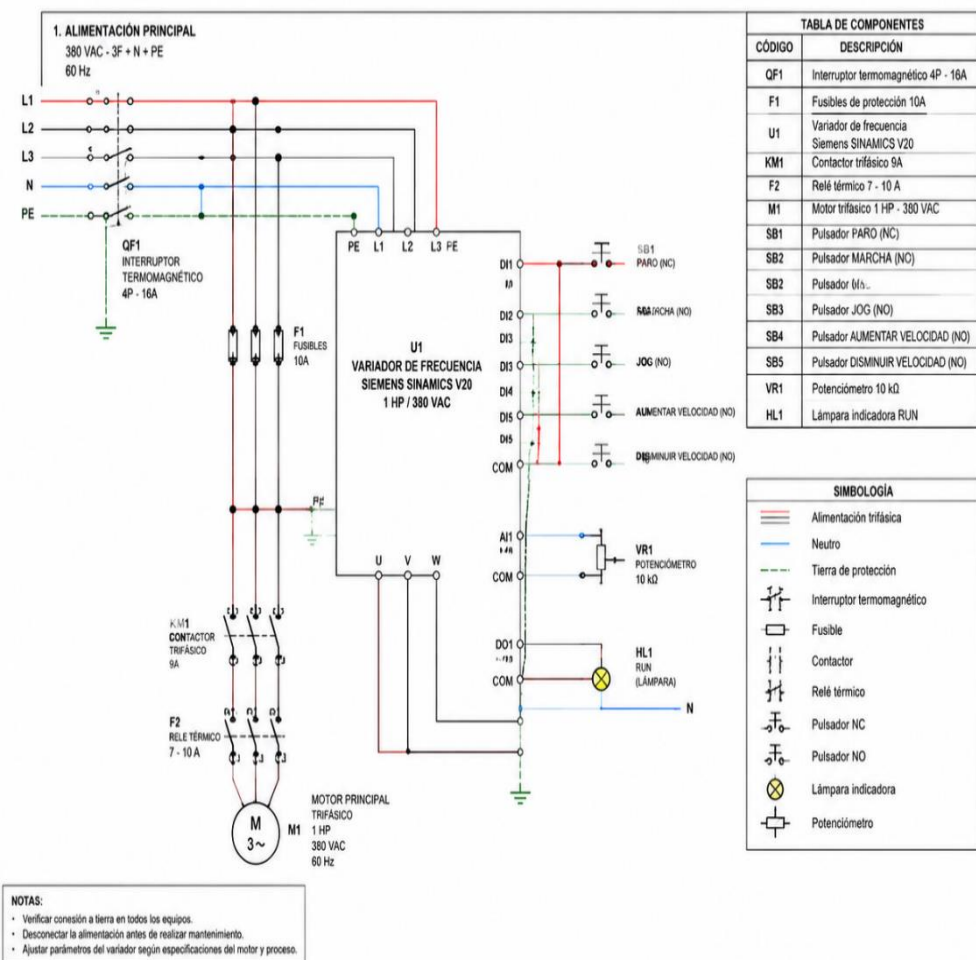
9) 9. MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Antes de realizar cualquier intervención eléctrica se debe desconectar completamente la alimentación del equipo.

Las actividades incluyen:



Revisión del sistema eléctrico del equipo



10) 10. MANTENIMIENTO MECÁNICO

1. Verificación de ajuste de tornillos

Se realiza la revisión del estado y apriete de tornillos, pernos y elementos de fijación que mantienen unidos los componentes del equipo, evitando movimientos no deseados durante la operación.

2. Revisión del sistema porta-router

Se inspecciona la correcta fijación, desplazamiento y estabilidad del módulo porta-router, verificando que mantenga una posición adecuada para garantizar cortes uniformes.

3. Limpieza de residuos de mecanizado

Se eliminan virutas, polvo y residuos generados durante el proceso de corte, evitando acumulaciones que puedan afectar el movimiento de los componentes.

4. Lubricación de elementos móviles

Se aplica lubricante en las zonas de movimiento del sistema, como guías y elementos de desplazamiento, reduciendo la fricción y facilitando un funcionamiento adecuado.

5. Comprobación de alineación del sistema

Se verifica que los elementos mecánicos mantengan una correcta alineación entre el torno, sistema de transmisión y módulo porta-router, evitando vibraciones y desviaciones durante el mecanizado.

11) 11. MANTENIMIENTO DEL ROUTER Y HERRAMIENTA DE CORTE

1. Limpiar residuos acumulados

Se realiza la limpieza del router y zona de trabajo para retirar polvo, viruta y residuos provenientes del mecanizado de la caña guadúa.

2. Revisar desgaste de la fresa

Se inspecciona visualmente el estado de la herramienta de corte, verificando desgaste, pérdida de filo o daños que puedan afectar el acabado superficial.

3. Confirmar correcta fijación

Se comprueba que la fresa se encuentre correctamente instalada y asegurada en el portaherramientas, evitando desplazamientos durante la operación.

4. Sustituir herramienta cuando presente pérdida de filo

Cuando la herramienta presenta desgaste excesivo, se realiza su reemplazo para conservar la calidad del corte y reducir vibraciones durante el proceso.

12) 12. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

- **Estado de poleas**

Se realiza una inspección visual para verificar que las poleas no presenten desgaste, deformaciones o daños que afecten su funcionamiento.

- **Alineación**

Se comprueba que las poleas se encuentren correctamente alineadas, evitando vibraciones y desgaste irregular del sistema.

- **Ajuste de elementos de unión**

Se revisa el apriete de los componentes de fijación para asegurar la estabilidad del sistema de transmisión.

- **Presencia de desgaste**

Se inspeccionan las superficies de contacto y elementos de transmisión para identificar señales de deterioro y realizar acciones correctivas cuando sea necesario.

13) 13. HERRAMIENTAS Y MATERIALES NECESARIOS

Herramienta	Aplicación
Juego de llaves	Ajuste mecánico
Destornilladores	Revisión eléctrica
Multímetro	Verificación eléctrica
Brocha	Limpieza
Lubricante industrial	Mantenimiento mecánico
Paños de limpieza	Eliminación de residuos

14) 14. SEGURIDAD DURANTE EL MANTENIMIENTO

Durante las actividades de mantenimiento se deberá:

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

1 Desconectar la alimentación eléctrica antes de intervenir el equipo.

Asegurar el interruptor en posición de apagado y verificar la ausencia de tensión.

2 Utilizar equipo de protección personal.

Usar gafas de seguridad, guantes, protección auditiva y calzado de seguridad.

3 No realizar ajustes con elementos en movimiento.

Esperar a que el equipo se detenga completamente antes de realizar cualquier ajuste, limpieza o mantenimiento.

4 Mantener el área libre de residuos.

Limpiar virutas, polvo y objetos innecesarios en la zona de trabajo para evitar riesgos de tropiezos y asegurar un ambiente seguro.

15) 15. DIAGNÓSTICO DE FALLAS

Problema	Posible causa	Acción correctiva
Vibración excesiva	Mala fijación de pieza	Ajustar sistema de sujeción
Corte irregular	Herramienta desgastada	Cambiar fresa
Motor no funciona	Falla eléctrica	Revisar alimentación
Variador presenta alarma	Parámetros incorrectos	Revisar configuración V20

16) 16. REGISTRO DE MANTENIMIENTO

FORMATO DE REGISTRO

Nº	FECHA	TIPO DE MANTENIMIENTO (P / C)	COMPONENTE INTERVENIDO	ACTIVIDAD REALIZADA	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

P: Preventivo | C: Correctivo

DATOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

CÓDIGO DEL EQUIPO : _____	PRÓXIMO MANTENIMIENTO PROGRAMADO : _____
EQUIPO INTERVENIDO : Torno adaptado con router incorporado	RESPONSABLE DE APROBACIÓN : _____
FECHA DE MANTENIMIENTO : _____	UBICACIÓN DEL EQUIPO : _____
TIEMPO EMPLEADO : _____	Nº DE SERIE / IDENTIFICACIÓN : _____

RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO _____ Fecha: ____ / ____ / ____	OPERADOR DEL EQUIPO _____ Fecha: ____ / ____ / ____	RESPONSABLE DE APROBACIÓN _____ Fecha: ____ / ____ / ____
---	--	--

Anexo L. Plan de capacitación del operador del sistema de adaptación.

CONTROL DEL DOCUMENTO

Campo	Información
Código del documento	PC-TR-001
Versión	01
Fecha de emisión	Septiembre 2026
Área responsable	Ingeniería / Mantenimiento
Tipo de documento	Plan de capacitación
Equipo asociado	Torno convencional adaptado con router incorporado

ELABORACIÓN Y APROBACIÓN

Cargo	Nombre	Firma	Fecha
Elaborado por	Carchi Kelvin / Pozo Marlon		
Revisado por	Carchi Kelvin		
Aprobado por			

RESPONSABILIDADES

Cargo	Responsabilidad
Instructor técnico	Ejecutar la capacitación, explicar procedimientos y evaluar conocimientos adquiridos.
Operador del equipo	Participar en la formación y aplicar correctamente los procedimientos establecidos.
Responsable de mantenimiento	Brindar soporte técnico cuando se requiera intervención del sistema.

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

Nº	Tema	Contenido	Metodología	Responsable	Duración
1	Introducción al sistema	Identificación del torno adaptado, componentes mecánicos y eléctricos.	Capacitación teórica y reconocimiento del equipo.	Instructor técnico	1 hora
2	Seguridad industrial	Uso de EPP, riesgos asociados y normas preventivas.	Charla técnica y demostración.	Instructor técnico	1 hora
3	Operación del sistema	Montaje de caña guadúa, ajuste del router, variador Siemens V20 y corte espiral.	Práctica supervisada.	Instructor técnico	2 horas
4	Parámetros de trabajo	Velocidad aproximada de 1750 RPM, herramientas y condiciones de mecanizado.	Demostración práctica.	Instructor técnico	1 hora
5	Inspección del equipo	Revisión de componentes, fijaciones y condiciones antes de operar.	Inspección guiada.	Instructor técnico	1 hora
6	Mantenimiento básico	Limpieza, lubricación y	Práctica aplicada.	Instructor técnico	1 hora

		revisión preventiva.			
--	--	----------------------	--	--	--

RECURSOS UTILIZADOS

Recurso	Descripción
Equipo principal	Torno convencional adaptado con router incorporado.
Material de práctica	Caña guadúa.
Herramientas	Fresas para router y herramientas básicas.
Documentación	Manual de funcionamiento y manual de mantenimiento.
Protección personal	Protección ocular, auditiva y calzado de seguridad.

EVALUACIÓN DEL OPERADOR

Criterio evaluado	Cumple	No cumple	Observación
Identificación de componentes	☐	☐	
Puesta en marcha del equipo	☐	☐	
Configuración de velocidad	☐	☐	
Aplicación de seguridad industrial	☐	☐	
Ejecución del corte espiral	☐	☐	
Limpieza básica del equipo	☐	☐	

REGISTRO DE CAPACITACIÓN

Nº	Fecha	Operador	Tema	Duración	Resultado	Firma

Anexo M. Plano eléctrico del sistema.

