



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE RESIDUOS
DE CONEJOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOINSUMOS Y ENERGÍA SUSTENTABLE.**

TITULACIÓN INTEGRAL

INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERÍA MECATRÓNICA

PRESENTA:

JEREMÍAS CONSTANTINO HERNÁNDEZ OLIVARES

NOMBRE DEL ASESOR:

DRA. HAYDEE PATRICIA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

APIZACO, TLAX., NOVIEMBRE 2025



Tzompantepec, Tlaxcala, 31/octubre/2025

Oficio No. MM-680/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	JEREMÍAS CONSTANTINO HERNÁNDEZ OLIVARES
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	19370061
Nombre del Proyecto:	"APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE RESIDUOS DE CONEJOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOINSUMOS Y ENERGÍA SUSTENTABLE".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

DRA. HAYDEE PATRICIA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ
ASESORA

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
(241) 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, 19/Noviembre/2025

JEREMÍAS CONSTANTINO HERNÁNDEZ OLIVARES
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 19370061.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE RESIDUOS DE CONSEJOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOINSUMOS Y ENERGÍA SUSTENTABLE"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

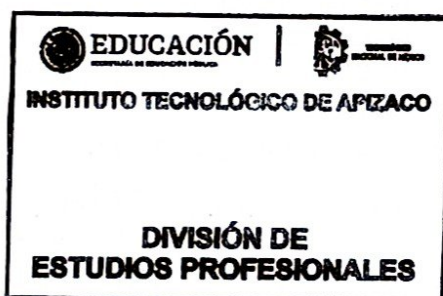
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Al concluir este proyecto, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me han acompañado, guiado y apoyado en este trayecto.

En primer lugar, quiero dar gracias a mis padres por orientarme en el camino de la educación, por el apoyo y amor que existe mutuamente y por su presencia significativa que ellos me aportan.

A mi asesor interno, la Dra. Haydee Patricia Martínez Hernández por su atención, orientación, paciencia y el tiempo que dedico en orientarme en cada etapa de mi investigación.

Al Instituto Tecnológico de Apizaco, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto y por proporcionarme los recursos y el entorno académico necesario para su realización.

Este logro es el resultado del esfuerzo compartido de muchas personas que, con su dedicación y cariño, han sido parte de mi camino académico. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
INTRODUCCION	5
PROBLEMATICA	6
OBJETIVOS	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
JUSTIFICACION	8
MARCO TEORICO	9
Gestión sostenible de residuos agropecuarios	9
Cunicultura y potencial de sus residuos	10
Automatización agropecuaria con materiales reutilizados	11
Economía circular y sostenibilidad rural	11
DESARROLLO	12
Procedimiento y descripción de las Actividades Realizadas	12
Diagnóstico y levantamiento de información	12
Diseño técnico del sistema	13
Adquisición y acondicionamiento de materiales	15
Construcción y ensamblaje del sistema	16
Pruebas de funcionamiento	17
Evaluación y ajustes finales	18
Cronograma de actividades	20
Planos CAD Solidwords	20
CONCLUSIONES	20
COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O ADQUIRIDAS	21
REFERENCIAS	22

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Lugar de granja canícula	13
Ilustración 2 Prototipo CAD	14
Ilustración 3 Estructura del Prototipo	19
Ilustración 4 Cronograma de Actividades	20

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar y desarrollar un sistema mecánico recolector de excretas de conejo que permita optimizar su recolección y facilitar su transformación en bioinsumos agrícolas y energía renovable. En muchas unidades productivas cunícolas, los residuos se manejan de forma manual, lo que genera un alto desgaste físico, contaminación ambiental y desaprovechamiento de un subproducto valioso. El sistema propuesto será construido utilizando materiales reutilizados, incluyendo un motor bifásico, una banda transportadora y un variador de velocidad, lo que garantiza bajo costo y sostenibilidad.

Una vez recolectadas, las excretas serán dirigidas a procesos de compostaje y biodigestión, mediante los cuales se obtendrán fertilizantes orgánicos y biogás, respectivamente. Esta solución busca fomentar el uso de tecnologías apropiadas, accesibles para pequeños y medianos productores, y contribuir a la economía circular rural. El proyecto no solo impactará en términos productivos y ambientales, sino también sociales, al mejorar las condiciones laborales de los productores y promover prácticas sustentables. Se espera que esta innovación pueda ser replicada en otras regiones con similares características productivas.

INDRODUCCION

En el contexto rural, la producción cunícola representa una actividad con gran potencial de crecimiento, debido a la facilidad de manejo, la reproducción eficiente de los conejos y la calidad de su carne. Sin embargo, como toda actividad pecuaria, genera residuos orgánicos —principalmente excretas— que, si no son manejados adecuadamente, pueden convertirse en fuentes de contaminación ambiental y deterioro de la salud pública. En la mayoría de las unidades de producción cunícola, la recolección de estos residuos se realiza de forma manual, una tarea que resulta poco higiénica, demandante de tiempo y físicamente extenuante. *(Albarracín, 2024)*

Pese a ello, las excretas de conejo contienen nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, lo que las convierte en un excelente recurso para la producción de compost o para su uso en biodigestores para generar biogás. Sin embargo, la falta de tecnologías accesibles y adaptadas a pequeños productores limita su aprovechamiento.

Este proyecto busca diseñar y construir un sistema mecánico recolector de excretas de conejo, utilizando componentes reciclados como un motor bifásico, una banda transportadora y un variador de velocidad. Este sistema permitirá automatizar la recolección de residuos y transportarlos eficientemente a los sitios de tratamiento, reduciendo el esfuerzo físico del productor y optimizando el proceso.

La propuesta integra elementos de innovación tecnológica, sostenibilidad ambiental y desarrollo rural, promoviendo la economía circular en el entorno agropecuario. Al facilitar el aprovechamiento de residuos como fuente de insumos agrícolas y energía limpia, se impulsa un modelo productivo más responsable y resiliente, con beneficios tanto económicos como ecológicos. *(García Izquierdo, s.f.)*

PROBLEMATICA

En muchas granjas cunícolas, especialmente en las zonas rurales, la gestión de residuos orgánicos se lleva a cabo de manera rudimentaria, sin herramientas adecuadas ni procesos sistematizados. Esto se traduce en acumulación de excretas bajo las jaulas, generación de malos olores, presencia de insectos y vectores, y un entorno insalubre para los animales y para el propio productor. El proceso de recolección manual no solo es ineficiente, sino que también representa un riesgo para la salud y un uso poco productivo del tiempo de trabajo. *(Carvalho, 2022)*

Paralelamente, se desaprovecha un recurso altamente valioso. Las excretas de conejo son una fuente rica en nutrientes esenciales para el suelo, y también una materia prima adecuada para la generación de biogás mediante biodigestores. La falta de sistemas tecnológicos adaptados impide que estos residuos se transformen en biofertilizantes o energía, generando pérdidas económicas y afectaciones ambientales.

Además, el mercado de tecnologías agropecuarias ofrece pocas soluciones enfocadas en pequeñas unidades de producción, siendo la mayoría costosas o no adaptables. Ante este panorama, es urgente plantear una solución tecnológica de bajo costo, funcional, y adaptada al entorno rural, que automatice la recolección de residuos y habilite su transformación eficiente. Este proyecto busca resolver esa necesidad mediante un sistema mecánico recolector fabricado con materiales reutilizados, fácil de operar, mantener y replicar. *(Velásquez, 2020)*

OBJETIVO

Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema integral de aprovechamiento de residuos orgánicos generados en la actividad cunícola, mediante tecnologías de biodigestión anaerobia y compostaje, para la producción de bioinsumos agrícolas y energía renovable, promoviendo un modelo sustentable y replicable de economía circular en comunidades rurales.

Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico técnico del manejo actual de excretas en unidades cunícolas y definir los requerimientos operativos del sistema recolector.
- Diseñar un sistema mecánico eficiente, funcional y adaptable, que automatice el proceso de recolección de excretas bajo las jaulas.
- Construir el prototipo utilizando materiales reutilizados (motor bifásico, banda transportadora, variador de velocidad) asegurando bajo consumo y mantenimiento.
- Aplicar procesos de compostaje y biodigestión a los residuos recolectados, generando biofertilizantes y biogás.
- Analizar los beneficios económicos, sociales y ambientales generados por el sistema en comparación con los métodos tradicionales.

JUSTIFICACION

En el contexto actual, donde los desafíos ambientales y energéticos son cada vez más apremiantes, es fundamental aprovechar al máximo los recursos disponibles, especialmente en el sector agropecuario. Las excretas de conejo, comúnmente tratadas como desechos sin valor, poseen un alto contenido de nutrientes que las convierte en un recurso valioso para la agricultura y la producción de energía renovable. (*Psetizki, 2009*)

Sin embargo, uno de los principales obstáculos para su aprovechamiento es el proceso manual de recolección, que es ineficiente, desgastante e insalubre. Este proyecto se justifica en la necesidad de introducir soluciones mecánicas asequibles y sostenibles que permitan a los pequeños y medianos productores mejorar su productividad sin comprometer su salud ni el medio ambiente.

El uso de materiales reutilizados como motor bifásico, banda transportadora y variador de velocidad responde a criterios de sostenibilidad económica y ambiental, al tiempo que fomenta la reutilización de componentes en desuso. Automatizar la recolección de excretas permitirá reducir la carga de trabajo, mejorar las condiciones sanitarias y habilitar su tratamiento para la producción de compost y biogás.

Además, este proyecto se alinea con políticas de economía circular, transición energética y desarrollo rural sostenible. Ofrece una solución replicable y escalable que podría implementarse en diferentes regiones con características similares. Con ello, se contribuye no solo a la reducción de residuos orgánicos, sino también a la generación de insumos útiles para la agricultura, disminución de costos de producción y mejora de la calidad de vida de los productores rurales. (*LEANpio, 2024*)

MARCO TEORICO

Gestión sostenible de residuos agropecuarios

En sistemas agropecuarios intensivos y semi-intensivos, la acumulación de residuos orgánicos como estiércol, excretas y subproductos de cosecha representa un desafío tanto sanitario como ambiental debido a su potencial contaminante. Sin embargo, cuando se manejan adecuadamente, estos desechos pueden convertirse en recursos valiosos que contribuyen a la sostenibilidad de la producción agropecuaria. (*Pinos-Rodríguez, 2012*)

El compostaje es una de las técnicas más utilizadas, ya que permite transformar los residuos en abono orgánico rico en nutrientes, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos. Además, la biodigestión anaeróbica ofrece una alternativa para generar biogás, una fuente de energía renovable que puede utilizarse en las mismas fincas o comercializarse, al mismo tiempo que se obtiene un biofertilizante líquido de alta calidad.

Otra técnica eficaz es el vermicompostaje, donde las lombrices aceleran la descomposición de la materia orgánica, produciendo humus con excelentes propiedades para el suelo. La aplicación directa de estiércol también es viable, siempre que se realice de manera controlada para evitar la saturación de nutrientes y posibles contaminaciones. (*Quispe Limaylla, 2018*)

Estas prácticas no solo evitan la contaminación de suelos y fuentes de agua, sino que también reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, como el metano y el óxido nitroso, generados por la descomposición inadecuada de los residuos. Además, contribuyen a cerrar ciclos de nutrientes dentro de los sistemas productivos, promoviendo una agricultura más circular y sostenible. (*Coalition, 2023*)

Cunicultura y potencial de sus residuos

La producción cunícola genera excretas en cantidades considerables, las cuales presentan características particulares que las diferencian de otros residuos animales. Su bajo contenido de humedad y alta concentración de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) las convierten en un material especialmente apto para procesos de valorización como el compostaje y la biodigestión. *(Jose Luis Torres Betanzos, 2024)*

Estas propiedades físicas y químicas permiten una descomposición más acelerada en comparación con otros estiércoles, facilitando la producción eficiente de biofertilizantes de alta calidad. En el proceso de compostaje, las excretas cunícolas se transforman en un abono orgánico equilibrado que mejora la estructura y fertilidad del suelo, reduciendo la dependencia de insumos sintéticos.

Además, su composición las hace particularmente adecuadas para sistemas de biodigestión anaeróbica, donde pueden generar cantidades significativas de biogás (metano) con mayor eficiencia que otros residuos animales. Este biogás puede utilizarse como fuente de energía renovable para las propias instalaciones cunícolas o para uso doméstico, mientras que el digestato resultante sirve como biofertilizante líquido rico en nutrientes.

La gestión adecuada de estos residuos no solo evita problemas sanitarios y malos olores en las granjas, sino que también contribuye a cerrar ciclos de nutrientes y reducir emisiones de gases de efecto invernadero. Al transformar las excretas en recursos valiosos, la cunicultura puede posicionarse como un sistema productivo más circular y sostenible, siempre que se implementen las tecnologías y prácticas de manejo apropiadas. *(García, 2017)*

Automatización agropecuaria con materiales reutilizados

El uso de tecnologías apropiadas y de bajo costo es esencial para los pequeños productores, permitiéndoles optimizar recursos sin depender de equipos industriales costosos. Componentes como motores bifásicos recuperados de electrodomésticos en desuso, bandas transportadoras fabricadas con llantas recicladas o correas industriales reacondicionadas, y variadores de velocidad adaptados a partir de sistemas electrónicos reparados, permiten automatizar tareas repetitivas como la recolección de residuos orgánicos, el transporte de forraje o la clasificación de productos agrícolas. (*Vargas-Pineda, 2019*)

Estas soluciones, basadas en la reutilización de materiales, no solo reducen costos, sino que también promueven la sostenibilidad ambiental. Por ejemplo, sistemas de alimentación automática para ganado pueden construirse con sensores de proximidad reutilizados y mecanismos accionados por motores reciclados, mientras que pequeños tractores adaptados con piezas de vehículos en desuso facilitan el arado en terrenos reducidos. (*Rosero Garcia, 2018*)

La implementación de estas tecnologías mejora la eficiencia del trabajo, reduce el desgaste físico del productor y aumenta el volumen y calidad del material disponible para tratamiento posterior, como compostaje o procesamiento de alimentos. Además, al emplear componentes locales y de bajo mantenimiento, se garantiza la accesibilidad y adaptabilidad a las necesidades específicas de cada unidad productiva. (*ITACAB, 1996*)

Economía circular y sostenibilidad rural

La economía circular propone que los residuos sean reintegrados al ciclo productivo, ya sea como materia prima o fuente de energía. En este contexto, la transformación de excretas en fertilizantes orgánicos y biogás representa una solución sostenible, que reduce la dependencia de insumos químicos y combustibles fósiles. Además,

genera nuevas oportunidades económicas para los productores, promoviendo la resiliencia del sistema productivo frente a crisis ambientales y económicas. *(Bioenergy., s.f.)*

DESARROLLO

Procedimiento y descripción de las Actividades Realizadas

Para la construcción del sistema mecánico recolector de heces de conejo, se siguió un procedimiento estructurado en distintas etapas, las cuales permitieron llevar a cabo el desarrollo del proyecto de forma lógica, técnica y eficiente. Cada fase fue diseñada y ejecutada considerando criterios fundamentales como la funcionalidad del sistema, la viabilidad económica de los materiales y componentes utilizados, la seguridad operativa para los usuarios, y la sostenibilidad ambiental del diseño propuesto.

Diagnóstico y levantamiento de información

- Se realizó una visita técnica con el objetivo de observar y documentar las condiciones actuales en las que se lleva a cabo el manejo, recolección y disposición de las excretas de conejo. Esta visita permitió obtener información directa y de primera mano sobre las prácticas implementadas por los productores.
- Durante las inspecciones se identificaron las necesidades específicas de los productores, tanto en términos de infraestructura como de eficiencia en los procesos de limpieza y aprovechamiento de residuos. Asimismo, se analizaron las características físicas de las instalaciones, incluyendo dimensiones de las naves, distribución y ubicación de jaulas, tipo y estado

del suelo (ya sea de tierra, cemento u otro material), así como los métodos manuales o mecánicos empleados actualmente para la limpieza.



Ilustración 1 Lugar de granja canícula

- Se observó también la

frecuencia con la que los productores realizan la limpieza de las jaulas y las áreas circundantes, lo cual permitió establecer patrones en cuanto al mantenimiento de la higiene y el manejo sanitario dentro de las unidades.

Diseño técnico del sistema

- El diseño técnico del sistema mecánico recolector de heces de conejo constituyó una etapa fundamental dentro del desarrollo del proyecto, ya que permitió establecer las especificaciones necesarias para garantizar su operatividad, durabilidad y adaptabilidad a las condiciones reales de las unidades cunícolas. Esta fase integró elementos de ingeniería mecánica, eléctrica y ambiental, con el objetivo de crear una solución funcional, eficiente y sostenible.
- En primer lugar, se realizó un diseño preliminar del sistema, el cual contempló la elaboración de planos mecánicos y esquemas eléctricos utilizando software especializado de diseño asistido por computadora (CAD). Estos planos incluyeron detalles sobre las dimensiones generales del equipo, la disposición de sus componentes principales, el sistema de transmisión de movimiento y la ubicación de los puntos críticos para mantenimiento y operación. Los esquemas eléctricos, por su parte, mostraron la conexión del motor con el variador de velocidad y los elementos de control, asegurando una integración segura y eficiente del sistema electromecánico.

- Durante el proceso de diseño, se definieron con precisión las dimensiones estructurales del equipo, teniendo en cuenta las características físicas de las instalaciones previamente diagnosticadas, como la distancia entre jaulas, la pendiente del suelo y el espacio disponible para el desplazamiento de la banda. Se seleccionó una banda transportadora de caucho reciclado con dimensiones de 60 cm de ancho por 265 cm de largo, adecuada para el volumen de excretas a recolectar y con propiedades resistentes a la abrasión y a la humedad. También se determinaron los puntos de anclaje del sistema, tanto para garantizar la estabilidad estructural como para facilitar su instalación y posible reubicación dentro de las granjas.
- Uno de los principios rectores del diseño fue la sostenibilidad y la economía circular, por lo cual se priorizó el uso de materiales reutilizados o reciclables. Entre los componentes seleccionados destacan: un motor bifásico de baja potencia, con capacidad suficiente para mover la banda sin un consumo energético excesivo; un variador de velocidad que permite ajustar el ritmo de recolección de acuerdo con las necesidades de producción; chumaceras de 1/2" que proporcionan soporte y reducen la fricción en el eje de rotación; barras de acero de la misma medida, utilizadas para la fabricación del bastidor y la estructura de soporte; así como una polea y una estructura metálica construida con ángulos y soleras recuperadas.
- Además, se consideraron aspectos de seguridad técnica y facilidad de mantenimiento, incluyendo accesos para revisión de componentes, protección en las partes móviles, y un diseño modular que permite el desmontaje en caso de requerirse reparaciones o mejoras. El diseño final fue evaluado mediante simulaciones

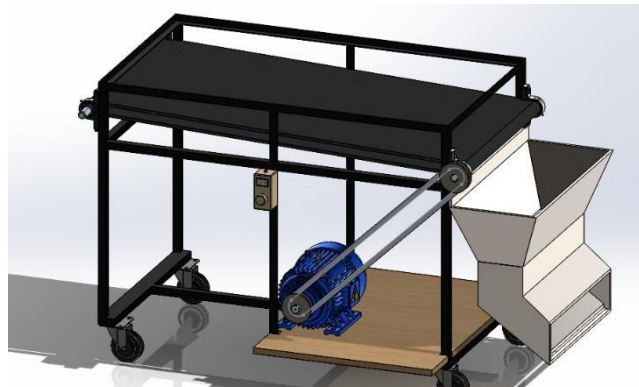


Ilustración 2 Prototipo CAD

funcionales y ajustes iterativos, con el fin de garantizar un desempeño óptimo bajo las condiciones reales de trabajo en una unidad productiva cunícola

Adquisición y acondicionamiento de materiales

- La etapa de adquisición y acondicionamiento de materiales tuvo como objetivo principal reunir los insumos necesarios para la construcción del sistema mecánico recolector, priorizando el uso de componentes reutilizables y promoviendo la sostenibilidad mediante el aprovechamiento de materiales en desuso. Este enfoque permitió no solo reducir los costos de implementación, sino también disminuir el impacto ambiental asociado a la fabricación de nuevos elementos.
- En primer lugar, se realizó una recolección sistemática de componentes mecánicos y eléctricos previamente utilizados, provenientes de talleres locales, industrias pequeñas y centros de acopio de maquinaria obsoleta. Entre los elementos recuperados se incluyeron motores eléctricos, bandas de caucho, poleas, chumaceras, ángulos de acero, soleras y piezas de sujeción. Cada uno de estos elementos fue inspeccionado para verificar su estado físico y funcionalidad potencial, descartando aquellos que presentaban daños estructurales irreparables o un desgaste excesivo.
- Posteriormente, los materiales seleccionados fueron sometidos a un proceso de reacondicionamiento. En el caso de los componentes metálicos, se procedió a su limpieza con herramientas manuales y equipos de desbaste para eliminar óxidos, suciedad acumulada y residuos contaminantes. Las piezas estructurales fueron reforzadas mediante soldaduras estratégicas, asegurando su integridad mecánica y su capacidad de soportar cargas dinámicas durante la operación del sistema. Además, se aplicaron recubrimientos anticorrosivos para proteger las superficies expuestas a la humedad y a residuos orgánicos.

- En cuanto a la estructura metálica que soportaría la banda transportadora, se diseñó un marco rígido compuesto por ángulos de acero de $\frac{3}{4}$ " y soleras del mismo espesor, ensamblados mediante soldadura por arco. Esta estructura fue nivelada cuidadosamente para asegurar la alineación de la banda y evitar atascamientos o desviaciones durante su funcionamiento. Se añadieron refuerzos diagonales y soportes transversales para incrementar la rigidez del sistema y prevenir deformaciones con el paso del tiempo.
- Por otra parte, en la parte eléctrica, se revisaron minuciosamente las conexiones del motor bifásico, verificando la continuidad de los conductores, el estado del aislamiento y la correcta polaridad. Se sustituyeron terminales oxidados o en mal estado, y se instalaron protecciones básicas contra sobrecarga. Asimismo, se calibró el variador de velocidad con base en los requerimientos operativos de la banda transportadora, configurando parámetros como la frecuencia, la aceleración, el sentido de giro y la velocidad de rotación, lo que permitió adaptar el sistema a diferentes volúmenes de recolección.
- Finalmente, todos los materiales acondicionados fueron organizados y etiquetados para su integración en la etapa de ensamble, garantizando así un flujo de trabajo ordenado, eficiente y seguro durante la construcción del sistema mecánico recolector.

Construcción y ensamblaje del sistema

- Preparación y montaje de la estructura soporte:
 - Se soldó o atornilló una estructura robusta de ángulo metálico reciclado, calculando las dimensiones para albergar la longitud de la banda y la ubicación del motor. El nivel de la estructura se verificó para asegurar un funcionamiento estable y sin desviaciones de acuerdo a las peticiones estructuradas.

- Instalación del sistema de transmisión y la banda:
 - Se instaló la banda transportadora de caucho sobre la estructura, dándole una inclinación ligera (aproximadamente de 15-20 grados) para facilitar el movimiento de las excretas por gravedad y minimizar el esfuerzo del motor.
 - Se fijaron las chumaceras (rodamientos o cojinetes) a los extremos del eje de transmisión, asegurándose de que estuvieran perfectamente alineadas para evitar fricción excesiva y que el giro fuera suave. Posteriormente, este conjunto se acopló a las poleas (una motriz y otra loca), verificando la tensión correcta de la banda.
- Montaje y conexión del sistema motriz:
 - El motor bifásico recuperado fue montado sobre una base ajustable en la estructura, permitiendo tensar o aflojar la correa de transmisión que lo conecta a la polea motriz.
 - Se conectó eléctricamente al variador de velocidad, un componente clave que permite controlar el desplazamiento de la banda según el volumen de residuos (mayor velocidad para alta producción, menor para mantenimiento o bajo volumen), optimizando así el consumo energético.

Pruebas de funcionamiento

La fase de evaluación y ajustes finales representó un momento clave para garantizar que el sistema mecánico recolector de heces de conejo cumpliera con los estándares de funcionalidad, seguridad y sostenibilidad planteados desde el inicio del proyecto.

En primera instancia, se evaluó el desempeño del sistema en diferentes aspectos: eficiencia en la recolección de excretas, comodidad y facilidad de operación para el usuario, estabilidad estructural durante su funcionamiento continuo y rendimiento

energético del motor acoplado al variador de velocidad. Estas pruebas permitieron confirmar que el equipo reducía de manera significativa el esfuerzo físico del operario y optimizaba el tiempo destinado a la limpieza de las jaulas.

Con base en los resultados obtenidos, se realizaron ajustes técnicos específicos. Entre ellos destacó la calibración de la tensión de la banda para evitar deslizamientos o sobrecargas en los ejes de transmisión, así como la modificación de la altura de la descarga para adaptarla a diferentes recipientes de recolección o sistemas de almacenamiento de residuos. También se optimizó la programación del variador de velocidad, configurando parámetros que permitieran un arranque suave, un consumo energético moderado y la posibilidad de ajustar la velocidad de acuerdo con el volumen de excretas generado diariamente.

Además de los ajustes físicos y eléctricos, se brindó capacitación al productor sobre el uso adecuado del sistema, las rutinas de limpieza después de cada jornada y las medidas de mantenimiento preventivo necesarias para prolongar la vida útil del equipo. Esto incluyó la lubricación periódica de chumaceras, revisión de conexiones eléctricas y monitoreo de la tensión de la banda.

Evaluación y ajustes finales

La etapa de evaluación y ajustes finales constituyó un proceso clave para validar la funcionalidad del sistema mecánico recolector de heces de conejo, garantizando que cumpliera con los parámetros de eficiencia, seguridad y sostenibilidad establecidos en la fase de diseño.

En primer lugar, se evaluó el desempeño integral del equipo en términos de eficiencia operativa, comodidad para el operador y rendimiento energético. Para ello, se monitoreó el tiempo requerido para completar una jornada de recolección, la cantidad de residuos efectivamente transportados y la reducción del esfuerzo físico en comparación con los métodos tradicionales. También se registraron indicadores de consumo eléctrico del motor, comparando los valores reales con las estimaciones de diseño, lo que permitió confirmar la viabilidad del sistema en cuanto

a ahorro energético.

Posteriormente, se realizaron ajustes específicos para optimizar el funcionamiento del sistema. Entre ellos destacan: la calibración de la tensión de la banda transportadora para evitar deslizamientos o desgastes prematuros; la regulación de la altura de la descarga con el fin de facilitar la acumulación de excretas en los contenedores de destino; y la programación del variador de velocidad para establecer parámetros de arranque suave, control de aceleración y operación continua, lo cual mejoró la adaptabilidad del sistema a diferentes volúmenes de residuos.

Finalmente, se llevó a cabo una capacitación dirigida al productor, en la cual se explicaron las prácticas de uso correcto, limpieza rutinaria y mantenimiento preventivo del sistema. Se enfatizó la importancia de inspeccionar periódicamente las chumaceras, lubricar los puntos de fricción y verificar el estado del cableado eléctrico. Con ello se buscó no solo garantizar una mayor durabilidad del equipo, sino también fomentar la autonomía del productor en la gestión y cuidado de la tecnología implementada.



Ilustración 3 Estructura del Prototipo

Cronograma de actividades

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

DEPARTAMENTO INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

SEGUIMIENTO DE PROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

ESTUDIANTE: Jeremías Constantino Hernández Olivares

No. DE CONTROL (3) 19370061

NOMBRE DEL PROYECTO: Aprovechamiento Integral de Residuos de Conejo para la Producción de Bioinsumos y Energía Sustentable

EMPRESA:(5) INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

ASESOR EXTERNO: Dr. Raúl Cortes Maldonado

ASESOR INTERNO: DRA. Haydee Patricia Martínez Hernández

PERIODO DE REALIZACIÓN: 27 de enero al 30 de junio 2025

ACTIVIDAD		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Diagnóstico y levantamiento de información	P																				
	R																				
Diseño técnico del sistema	P																				
	R																				
Adquisición y acondicionamiento de materiales	P																				
	R																				
Construcción y ensamblaje del sistema	P																				
	R																				
Pruebas de funcionamiento	P																				
	R																				
Evaluación y ajustes finales	P																				
	R																				
Redacción del reporte Final	P																				
	R																				
OBSERVACIONES																					

Ilustración 4 Cronograma de Actividades

CONCLUSIONES

En conclusión, el desarrollo del sistema mecánico recolector de heces de conejo representó una propuesta técnica viable, económica y ambientalmente responsable para optimizar el manejo de residuos en unidades de producción cunícola. El proyecto se ejecutó siguiendo una metodología ordenada que incluyó un diagnóstico inicial de las instalaciones, el levantamiento de información sobre las condiciones de manejo de excretas y la identificación de necesidades específicas de los productores. Esta base permitió diseñar un equipo adaptado a las dimensiones, características y dinámicas de trabajo reales en granjas locales.

El diseño técnico incorporó criterios de funcionalidad, seguridad, economía y sostenibilidad, priorizando el uso de materiales reutilizados como motor bifásico, banda de caucho reciclado, variador de velocidad y estructura metálica reacondicionada. La fase de construcción y ensamblaje se llevó a cabo con

precisión, asegurando la alineación de componentes, la estabilidad estructural y la correcta integración de sistemas mecánicos y eléctricos.

Las pruebas de funcionamiento, realizadas primero en vacío y luego en condiciones operativas reales, confirmaron que el sistema es capaz de transportar y recolectar eficientemente las excretas, manteniendo un bajo consumo energético y ofreciendo facilidad de limpieza y mantenimiento. Se comprobó su adaptabilidad a diferentes volúmenes de producción y su potencial para reducir significativamente la carga de trabajo manual en el manejo de residuos.

En conjunto, este sistema no solo contribuye a mejorar la higiene y eficiencia de las granjas, sino que también facilita el aprovechamiento integral de los residuos para la producción de bioinsumos y energía sustentable, fortaleciendo así la sostenibilidad económica y ambiental de la actividad cunícola.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O ADQUIRIDAS

A lo largo del desarrollo del proyecto “Aprovechamiento Integral de residuos de conejos para la producción de bioinsumos y energía sustentable”, se adquirieron y reforzaron competencias tanto técnicas como metodológicas, además de habilidades actitudinales, todas orientadas a la solución de problemas reales del sector productivo con un enfoque sustentable.

1. Competencias técnicas

- Diseño e ingeniería aplicada: elaboración de planos mecánicos y esquemas eléctricos utilizando herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), cálculo de dimensiones y determinación de especificaciones técnicas de cada componente.
- Procesos de manufactura y ensamblaje: dominio de técnicas de corte, perforado, soldadura por arco, montaje de estructuras metálicas, alineación

precisa de ejes y ajuste de sistemas de transmisión.

- Instalaciones electromecánicas: conexión y configuración de motores bifásicos, calibración de variadores de velocidad, instalación de chumaceras y poleas, y verificación de sistemas eléctricos bajo normativas de seguridad.
- Pruebas y validación de funcionamiento: ejecución de ensayos en vacío y en condiciones reales, medición de consumo energético, evaluación de rendimiento y optimización de parámetros de operación.

2. Competencias metodológicas

- Gestión de proyectos: planificación por etapas, control de recursos, cumplimiento de cronogramas y evaluación de avances.
- Economía circular: selección, recuperación y reacondicionamiento de materiales reutilizables para reducir costos e impacto ambiental.
- Documentación técnica: elaboración de informes, manuales de uso y registros de pruebas con enfoque científico-técnico.

3. Competencias actitudinales

- Trabajo colaborativo: coordinación eficiente con otros integrantes del equipo, comunicación efectiva y resolución conjunta de problemas.
- Seguridad laboral: aplicación de protocolos de prevención de riesgos en procesos mecánicos y eléctricos.
- Conciencia ambiental: integración de prácticas sostenibles en el diseño y operación del sistema, promoviendo el aprovechamiento de residuos orgánicos para bioinsumos y energía sustentable.

En conjunto, estas competencias fortalecen la capacidad para diseñar, implementar y evaluar soluciones tecnológicas orientadas a la optimización de procesos productivos, con un balance entre funcionalidad, economía y sostenibilidad.

REFERENCIAS

Albarracín, V. (1 de Noviembre de 2024). *Suena a Campo*. Obtenido de La cunicultura en

- Argentina: una alternativa cárnica con potencial para crecer:
<https://www.suenaacampo.com/2024/11/01/la-cunicultura-en-argentina-una-alternativa-carnica-con-potencial-para-crecer/>
- Bioenergy., G. (s.f.). *Ventajas de la producción de biogás a partir de estiércol animal*.
Obtenido de Genia BIOENERGY: <https://geniabioenergy.com/ventajas-de-la-produccion-de-biogas-a-partir-de-estiercol-animal/>
- Carvalho, A. M. (2022). *Compostaje y biodigestores como solución al problema de los residuos orgánicos en el medio rural*. Obtenido de Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2641
- Coalition, C. a. (2023). *Desvío de residuos orgánicos*. Obtenido de UNEP:
<https://www.ccacoalition.org/es/projects/organic-waste-diversion>
- García Izquierdo, C. (s.f.). *Uso de residuos orgánicos para una agricultura sostenible*. .
Obtenido de FSeneca.: <https://fseneca.es/web/uso-de-residuos-organicos-para-una-agricultura-sostenible>
- García, J. L. (2017). *Aprovechamiento integral de residuos de una granja cunícola*. .
Obtenido de Academia.edu.:
https://www.academia.edu/31340380/APROVECHAMIENTO_INTEGRAL_DE_RESIDUOS_DE_UNA_GRANJA_CUNICOLA
- ITACAB. (1996). *Manual de referencias sobre tecnologías apropiadas*. Instituto de Transferencia de Tecnologías Apropriadas para Sectores Marginales. Obtenido de https://www.academia.edu/6032278/Manual_de_referencias_sobre_tecnolog%C3%ADas_apropiadas
- Jose Luis Torres Betanzos, R. G. (11 de abril de 2024). *Cunicultura como alternativa económica de alimentación*. Obtenido de REMPA:
<https://rempa.com.mx/2024/04/11/cunicultura-como-alternativa-economica-de-alimentacion/>
- LEANpio. (2024). *Tipos de residuos agropecuarios y su tratamiento*. Obtenido de LEANpio: <https://www.leanpio.com/es/blog/tipos-de-residuos-agropecuarios-y-su-tratamiento>
- Pinos-Rodríguez, J. M.-L.-A.-H.-G.-P. (2012). *Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América*. Obtenido de Agrociencia:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004
- Psetizki, V. (23 de febrero de 2009). *De estiércol a combustible*. Obtenido de BBC Mundo:
http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_7686000/7686635.stm
- Quispe Limaylla, A. (10 de enero de 2018). *El valor potencial de los residuos sólidos*

orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura. Obtenido de REMEXCA: <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i1.741>

Rosero Garcia, J. A. (01 de marzo de 2018). *Tendencias en la normatividad, el desarrollo tecnológico y la aplicación de motores eléctricos de alta eficiencia*. Obtenido de Prospectiva: <https://doi.org/10.15665/rp.v16i1.1448>

Vargas-Pineda, O. I.-G.-M. (27 de septiembre de 2019). *El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento*. Obtenido de ORINOQUIA: <https://www.redalyc.org/journal/896/89662922013/html/>

Velásquez, E. (2020). *CGIAR*. Obtenido de Guía técnica para la utilización sostenible de residuos orgánicos en cultivos perennes utilizando lombrices de tierra.: <https://cgspace.cgiar.org/items/0eb09b24-7d3d-487a-bd5f-112229f678cd>

