



## Anexo 1 – Formato de Ficha Tecnológica

**TÍTULO DEL PROYECTO:** Tratamiento de Residuos Avícolas en un Reactor de Lecho Fluidizado Inverso Anaerobio

**NOMBRE DEL OS PROPONENTES:** Mtro. Miguel García Flores  
Mtra. María Nayeli González Cruz  
TSU. Daniela Lagunes Martínez  
TSU. Dulce García Sánchez

**INSTITUCIÓN:** Universidad Tecnológica De Tehuacán

**ÁREA:** Medio Ambiente

### I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente las excretas producidas por bovinos, porcinos, caprinos, ovinos y aves, todas destinadas para la producción de lácteos, carne y huevo contienen altas concentraciones de materia orgánica y nutrientes, que al ser desechados causan contaminación del agua y suelos, produciendo olores desagradables y la liberación de gases de efecto invernadero, lo que tiene un impacto negativo en el medio ambiente.

Según el inventario nacional emitido por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en el año 2019 se tenían en México un acumulado de 657, 868, 672 cabezas destinadas para la explotación ganadera, de las cuales el Estado de Puebla cubre el 9% del inventario nacional. Según lo descrito por Casteló (2000), en términos avícolas, cada ave puede generar al día hasta 150 gramos de excreta fresca o también llamada gallinaza con un contenido de humedad de alrededor de 80% de humedad, esto es equivalente a 30 g/ave día de gallinaza seca (con alrededor de 6% humedad). Considerando el número de aves reportadas en el año 2019, se determinó una generación de excreta equivalente a 906.14 toneladas diarias, durante ese año.

La composición fisicoquímica de este desecho indica un alto contenido de carbono orgánico, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, fósforo y potasio; cuyo pH cercano a 8 limita su aplicación directa como fertilizante orgánico, además, el uso de gallinaza fresca, puede producir efectos adversos al suelo y plantas, por ello se recomienda el procesamiento de ésta.

El tratamiento anaerobio de residuos con elevado contenido de materia orgánica biodegradable presenta diversas ventajas, por ejemplo, se puede alcanzar una alta eficiencia de remoción alimentando altas cargas, presenta bajos requerimientos de nutrientes, genera pequeñas cantidades de lodos y produce un biogás combustible, además, la masa restante degradada por las bacterias, puede utilizarse como abono para la fertilización de suelos, ya que cuenta con la proporción de nutrientes aprovechables para la mayoría de los cultivos.

Mediante el tratamiento anaerobio de estos residuos, se reducirá el impacto de la generación de los mismos sobre el medio ambiente, adicionalmente los productos obtenidos presentan un potencial económico como producto fertilizante de suelos libre de químicos.

El uso de un biodigestor de lecho fluidizado inverso (LFI) proporciona interesantes ventajas tales como, una mayor superficie de contacto entre la materia orgánica y la biomasa, además de la fácil separación del agua tratada de la biomasa y de un diseño de sistema compacto (Houbron et al. 2012, Thaiyalnayaki y Sowmeyan 2012), por otro lado, se considera que los reactores LFI pueden alcanzar una remoción diaria de carga orgánica volumétrica superior a 30 g DQO/L d (Alvarado et al. 2008).

## II. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

La tecnología propuesta es un prototipo para el tratamiento anaerobio de gallinaza, fundamentado en un reactor de lecho fluidizado inverso que utiliza como medio de soporte partículas de perlita con una densidad específica, que flotan y son expandidas hacia abajo por el influente para el tratamiento anaerobio de excretas derivadas de la industria avícola, y que produce "Biol", biofertilizante netamente orgánico, derivado de la remoción de la materia orgánica y nitrógeno amoniacal presentes en esta excreta. Sus componentes principales son nutrientes aprovechables para la mayoría de los cultivos explotados en el país, con el pH apropiado para la asimilación de los mismos y sin microorganismos patógenos. Como producto secundario se obtiene "Biogás", que puede utilizarse como combustible para el calentamiento de agua utilizada en otros procesos.

El sistema opera con un tablero eléctrico, conformado a partir de un sistema de control ON-OFF para el mantenimiento de la temperatura adecuada que permite acelerar el proceso. La fluidización del lecho, se logra mediante el uso de una bomba sumergible que mantiene la recirculación del influente dentro del reactor. El influente mantiene la temperatura mesofílica a través de un sistema de recirculación de agua caliente por medio de un sistema de enchaquetado. Opera mediante energía eléctrica de origen fotovoltaico, para minimizar los costos de operación. El tratamiento de gallinaza con esta tecnología, reducirá los residuos generados por la industria avícola que, de no ser tratados, contribuyen al deterioro del medio ambiente, transformándolos en un fertilizante libre de químicos con valor en el mercado.

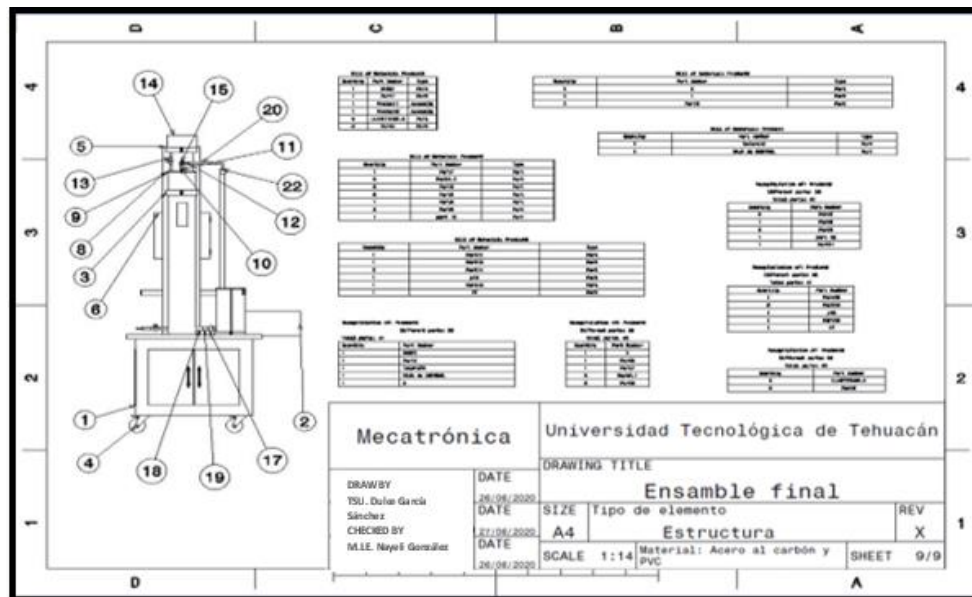


Figura 1 Plano del prototipo

El M.I.D.B. Miguel García Flores y la TSU Daniela Lagunes Martínez tienen como fortaleza el diseño y escalamiento de bioprocesos, adaptación y transferencia de tecnologías biotecnológicas, caracterización de materiales mediante análisis proximales, caracterización microbiológica y detección de agentes de interés sanitario, además del seguimiento de las variables cinéticas del tratamiento en un RLFI y evaluación del desempeño en la remoción de materia orgánica. Por su parte, los integrantes mecatrónicos: M.I.E. María Nayeli González Cruz y la TSU Dulce García Sánchez tienen como fortaleza, el diseño y construcción de prototipos a escalamiento para procesos de aplicación industrial, diseño y fabricación de tarjetas de circuito impreso para la operación eléctrica de sistemas, programación de dispositivos microcontroladores para la automatización de sistemas y el manejo de software CAD para la elaboración de planos del prototipo, además de habilidades para la manufactura.

### III. VENTAJAS COMPETITIVAS DE LA TECNOLOGÍA

La tecnología propuesta presenta las siguientes ventajas en comparación con un biodigestor tipo batch, modelo Taiwanes y tanque sin agitación.

Tabla 1 Comparación con otras tecnologías

<b>Criterio</b>	<b>Reactor LFI</b>	<b>Biodigestor tipo batch</b>
<i>Sedimentación de lodos</i>	<i>No</i>	<i>Si</i>
<i>Régimen de operación</i>	<i>Semi-continuo</i>	<i>Batch</i>
<i>Tiempos de retención</i>	<i>Cortos</i>	<i>Largos</i>
<i>Velocidad de remoción de DQO</i>	<i>Alta</i>	<i>Baja</i>
<i>Reducción de Sólidos Totales</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
<i>Generación de lodos</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>
<i>Biofertilizante líquido</i>	<i>Si</i>	<i>Con sedimentos</i>

El costo de producción estimado es de \$4,000.00 MXN y tiene todo el potencial para un escalamiento a nivel industrial, y ser parte de una línea de producción del "Biol" y de "Biogas"

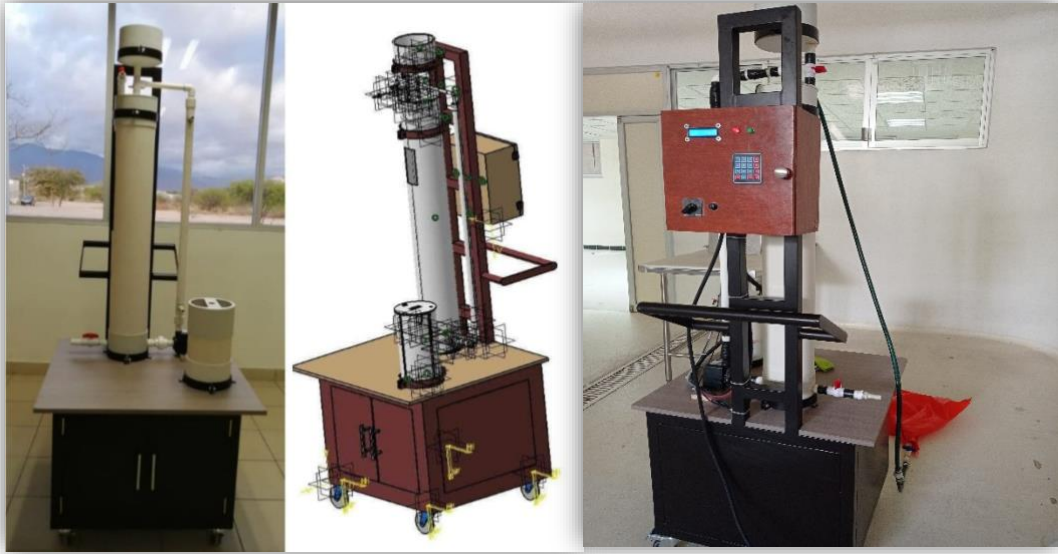
### IV. NIVEL DE DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA

De acuerdo con la Guía de Diagnóstico de Nivel de Maduración Tecnológica, la tecnología propuesta cumple al 100% con los tres primeros niveles y actualmente se ubica en el nivel TRL 4, que corresponde a "Desarrollo Tecnológico, Validación tecnológica a nivel laboratorio" y cumple con:

- ✓ Ya ha integrado los componentes principales de la invención tecnológica (Ver Figura 2).
- ✓ El prototipo fue probado a nivel laboratorio (Ver Figura 3) y se evaluó su desempeño en la degradación de dos tipos de desechos agroindustriales, a continuación, se resumen los resultados:
  - a) Excreta bovina: Se alcanzaron remociones de materia orgánica cercanas al 63 % de la carga orgánica inicial en un promedio de 7 días, generando un Biol con un máximo de 509 mg de DQO soluble por litro libre de sedimentos y una producción promedio de 30 mL de biogás (medida a presión atmosférica) por cada litro de excreta degradada.
  - b) Gallinaza: Se alcanzaron remociones de materia orgánica cercanas al 59 % de la carga orgánica inicial en un promedio de 5 días, generando un biol con un máximo de 1050 mg de DQO soluble por litro libre de sedimentos y una producción promedio de 24 mL de biogás (medida a presión atmosférica) por cada litro de excreta degradada.

En ambos casos se verificó la formación de biopelícula entorno al medio de soporte, obteniéndose un promedio de 0.70 g Sólidos volátiles adherido por cada gramo de sustrato seco.

- ✓ Se revisaron los aspectos de manufacturabilidad relacionados con el desarrollo de la invención tecnológica.
- ✓ Se han identificado productores agrícolas como usuarios potenciales de la tecnología.
- ✓ La invención tecnológica funciona a nivel laboratorio.
- ✓ Se ha iniciado con la identificación los riesgos tecnológicos de mercado.
- ✓ Se tiene definida una estrategia de gestión de la propiedad intelectual.
- ✓ Se contempla un plan de licenciamiento de la tecnología a terceros.



*Figura 2 Integración de componentes principales de la invención tecnológica*



*Figura 3 Prueba del prototipo a nivel laboratorio*

## **V. PROPIEDAD INTELECTUAL.**

El desarrollo propuesto, hasta la fase actual, cumple con las condiciones necesarias para ser protegido ante el IMPI como modelo de utilidad, ya que además de que ha demostrado su funcionamiento a nivel laboratorio, cumple con los requisitos de: novedad, aplicación industrial e innovación incremental, por otro lado, se considera que la tecnología propuesta también es susceptible de desarrollo de un plan de licenciamiento con algún aliado estratégico que pudiera escalarlo a nivel industrial para su producción y aplicación en una línea de producción real de los productos derivados de la tecnología propuesta..

Cabe destacar también, que los resultados que hasta el momento se han logrado, no han sido publicados en ningún artículo, congreso, foro, etc.