

Prototipo de un biorreactor de conversión aerobia a escala de laboratorio, aplicando técnicas de industria 4.0

ISQUA

Nelson Castañeda-Arias nacastanedaa@itc.edu.co

Nicolás Castro nacastrof@itc.edu.co

Fernando Rodríguez López frdriguez1@itc.edu.co

José Darío Siaucho Rodríguez jsiaucho@itc.edu.co

Introducción

La biotecnología, como proceso derivado de la ingeniería y de la aplicación de las ciencias para la producción de diversos productos, puede ser objeto de ser mejorada y optimizados sus procesos, para reducir los tiempos de operación, ser eficientes en términos energéticos o mejorar la calidad de los productos, entre otros.

Sin embargo, al ser procesos realizados por sistemas biológicos, existe una alta variabilidad e incertidumbre que dificultan estas labores. Es por esto, que resulta atractivo el uso de sistemas inteligentes y la aplicación de técnicas de Industria 4.0 para estas labores.

Uno de los procesos biotecnológicos más extendidos es el aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante compostaje, es decir obtener abono orgánico a partir de los residuos orgánicos, que pueda ser utilizados en plantaciones. Este proceso suele realizarse de manera manual o con técnicas de control poco efectivas, por costos, dificultad de aplicación u otros factores asociados.

Por esto se propone la integración de técnicas derivadas de la Industria 4.0 para mejorar los rendimientos de estos procesos de bioconversión, que permitan viabilizar la construcción de biorreactores eficientes y de bajo costo.

Planteamiento del Problema y justificación

Los procesos de bioconversión son ampliamente utilizados en procesos industriales para diversos objetivos. Sin embargo, las tareas de control de estos pueden ser desafiantes, sobre todo, los que involucran seres vivos como bacterias, hongos, etc. Estas tareas por lo general manejadas por conocimiento experto, pero con bajo nivel de automatización. De la misma forma, existen pocos centros de investigación dedicados a la mejora de técnicas de control para estos procesos. Es por eso, que se propone el diseño de un biorreactor que permita realizar investigación en esa línea

Por otro lado, se estima que más del 50% de los residuos sólidos urbanos son material orgánico aprovechable. Esta materia orgánica está siendo enviada sin tratamiento alguno a rellenos sanitarios que, como es el caso del Relleno Sanitario Doña Juana, están llegando a su nivel máximo de operación

Objetivos

General:

Construir un prototipo de un biorreactor de conversión aerobia de materia orgánica, aplicando técnicas de Industria 4.0 para el mejoramiento del proceso.

Específicos:

1. Implementar un sistema SCADA basado en industria 4.0, para el control de la operación del Biorreactor.
2. Implementar técnicas de Inteligencia artificial para mejorar el proceso, mediante la optimización de puntos de operación.
3. Sistematizar los hallazgos con el fin proponer puntos de operación que permitan obtener mejores resultados comparado con otras técnicas

Metodología

Para alcanzar los objetivos del Proyecto de investigación, se proponen las siguientes actividades:

OE1:

1. Desarrollar una estrategia para la lectura y escritura de datos en el prototipo y el envío a una base de datos web y la recepción de comandos desde la interfaz de usuario
3. Implementar los algoritmos necesarios para la comunicación efectiva de datos entre el prototipo y la base de datos
4. Implementar una interfaz de usuario que permita una interpretación de los datos del reactor, hacer monitoreo, realizar ajustes y descargar la información almacenada
5. Conectar la base de datos con la interfaz de usuario y validar su funcionamiento

OE2:

1. Selección de la estrategia de Inteligencia Artificial a utilizar
2. definición de los aspectos sobre los cuales se evaluará el mejoramiento del proceso
3. Implementación de los algoritmos de IA
4. Validación funcional del prototipo
5. Evaluación de la mejora del proceso en los aspectos definidos

OE3:

1. Extraer los resultados obtenidos de las corridas de experimentos realizadas con el prototipo y con otros métodos
2. Hacer un análisis comparativo entre los procesos y construir una propuesta de operación de reactores de este estilo

Marco teórico

En la capital de Colombia hay una escasa implementación de tecnologías en procesos industriales, lo que provoca un bajo nivel de automatización. Esto se puede evidenciar principalmente en los tratamientos de residuos sólidos urbanos (RSU). Especialmente, para los residuos orgánicos (RO) que tienen el mayor indicador de recolección, ya que, para el año 2017 de las 7000 toneladas de RSU generadas diariamente en la ciudad de Bogotá D.C., la mayoría está conformado por RO en un 51.32% (Resumen ejecutivo.pdf (uaesp.gov.co)). De los cuales, para su disposición final, su mayoría converge al relleno sanitario de Doña Juana (RSDJ), consistiendo básicamente en capas de RSU que son enterradas y compactadas.

El proceso de compostaje ocurre naturalmente en el ambiente, aunque se necesita un compostaje eficiente para controlar varios factores para abordar desafíos ambientales como el olor, el material particulado y los aerosoles, y para obtener un abono agrícola de calidad, generalmente, el proceso de compostaje se divide en dos fases, la fase bio-oxidativa y la fase de maduración también denominada fase de curado, durante la fase bio-oxidativa se distinguen tres etapas, activación inicial, termofílica y mesofílica, durante ésta ocurre la mayor degradación de los compuestos orgánicos, los procesos de oxidación generan grandes cantidades de calor y se generan gases como el CO₂, y el amoníaco, con la captura de O₂, la sucesión de las etapas termofílica y mesofílica depende la tecnología y operaciones realizadas en el proceso, finalmente sobreviene el enfriamiento definitivo del material y su estabilización térmica, para dar paso a la fase de curado o maduración en la que se produce la estabilización y humificación de la materia orgánica, produciendo un compost maduro con características húmicas.

El uso de la mosca soldado negra (Hermetia illucens) en el compostaje de desechos orgánicos es un enfoque novedoso y respetuoso con el medio ambiente que tiene un enorme potencial y, por lo tanto, está llamando fuertemente la atención de agencias gubernamentales e inversionistas todo el mundo. El compostaje de larvas mosca soldado negra, es un método rentable y autosostenido que promueve una alta recuperación de recursos y genera productos de valor agregado, desarrollando así nuevos nichos económicos para el sector industrial y empresarial en los países en desarrollo

La tecnología de control e IA permiten tomar acciones más rápido, de una manera más clara y generando innovación para nuestro país. Según la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA), la tecnología como el Big Data, inteligencia artificial (IA), automatización e Internet de las cosas (IoT) forma parte de lo que es hoy la industria 4.0, donde se proyecta que este tipo de tecnología desempeñe un mejor trabajo con la gestión de residuos en general, impulsando a la investigación y solución de problemas ambientales

Actividades

Al ser un proyecto que ha sido desarrollado en diferentes etapas desde el año 2021, la realización de las actividades descritas en el apartado "metodología" se ejecutarán sobre el prototipo de biorreactor construido en esas etapas.

Para la vigencia 2023 se desarrollarán los elementos más relevantes de la implementación de Industria 4.0: la conexión y comunicación desde internet para la supervisión y control de la planta y la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial para la optimización del proceso.

Luego de implementadas las etapas, se realizarán nuevas corridas por parte de los estudiantes de la U de América para validar el funcionamiento y la mejora del proceso de bioconversión.

Finalmente, se creará una propuesta para los puntos de operación óptimos encontrados

Resultados

Al finalizar la vigencia 2023 se espera tener los siguientes resultados:

1. Prototipo funcional para la conversión de materia orgánica mediante un proceso aerobio
2. Trabajo de grado de Ingeniería
3. Reporte de resultados
4. Participación en eventos académicos y/o de divulgación científica

Referencias

- [1] Guan Wang, Cees Haringa, Henk Noorman, Ju Chu, Yingping Zhuang. (2020). Developing a computational framework to advance bioprocess scale-up. Trends in Biotechnology.
- [2] Mohamed Helmy, Derek Smith, Kumar Selvarajoo. (2020). Systems biology approaches integrated with artificial intelligence for optimized food-focused metabolic engineering. Metabolic Engineering Communications, e00149
- [3] Wainaina S, Awasthi MK, Sarsaiya S, Chen H, Singh E, Kumar A, et al. Resource recovery and circular economy from organic solid waste using aerobic and anaerobic digestion technologies. Bioresour Technol [Internet]. 2020;301:122778
- [4] Singh A, Kumari K. An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly Larvae: A review. J Environ Manage [Internet]. 2019;251(April):109569.
- [5] UAESP. U. (2017). Realizar el estudio técnico de la caracterización en la fuente de residuos sólidos generados en la Ciudad de Bogotá Distrito Capital por tipo de generador y establecer el uso de métodos alternativos de transporte para materiales aprovechables.



**Escuela Tecnológica
Instituto Técnico Central**
Establecimiento Público de Educación Superior