

**VISIÓN - BIOGAS, SISTEMA DE MEDICIÓN DE PRODUCCIÓN DE BIOGAS
PARA EL PROYECTO FODEIN TITULADO: DIGESTIÓN ANAEROBIA COMO
SISTEMA INTEGRAL PARA EL SUMINISTRO DE PRODUCTOS DE VALOR
AGREGADO**

ANDREA CAROLINA SÁNCHEZ DÍAZ

**INFORME DEL PRODUCTO DESARROLLADO EN LA MODALIDAD DE
ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN**

DIRECTOR: Dr. IVAN ORLANDO CABEZA ROJAS

CODIRECTOR: Dr. CESAR AUGUSTO QUIÑONES SEGURA

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
MAESTRIA EN TECNOLOGÍAS LIMPIAS
BOGOTA
2022**

CONTENIDO

LISTA DE ANEXOS	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
1. REQUISITOS MINCIENCIAS	6
1.1 ANÁLISIS	6
1.2 DISEÑO	7
1.3 IMPLEMENTACIÓN	8
1.4 VERIFICACIÓN	9
2. REGISTRO DE SOFTWARE	10
3. CONCLUSIONES	11
4. RECOMENDACIONES	12
BIBLIOGRAFÍA.....	13
ANEXOS.....	14

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Registro de Software

Anexo 2. Manual de Usuario

Anexo 3. Descripción del Software

Anexo 4. Código Fuente

Anexo 5. Carta Entidad Financiadora

RESUMEN

Como parte del proyecto de investigación FODEIN titulado "Digestión Anaerobia como Sistema Integral para el Suministro de Productos de Valor Agregado", en el marco del tercer objetivo específico relacionado con estrategias para maximizar el rendimiento de los sistemas productores de valor agregado, se hace necesario encontrar alternativas que permitan monitorear dichos sistemas y conocer la producción de biogás en los reactores en estudio.

Este proyecto de asistente de investigación tiene como producto entregable el software registrado de la adecuación del sistema de monitoreo de producción de biogás en reactores de estudio. De esta manera se desarrolló un sistema de visión artificial, en donde por medio de una cámara se captura de manera constante el volumen desplazado de solución en un arreglo de reactores cuya medición de producción de biogás se realiza por la metodología de volumen desplazado. Dicho software cumple con las especificaciones definidas por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, para ser considerado como un producto de desarrollo tecnológico e innovación, producto tecnológico certificado o validado. Para tal fin, el software se registró ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor, con el nombre VISION – BIOGAS.

INTRODUCCIÓN

Existen varias metodologías para la cuantificación del biogás producido en biorreactores de diversos sustratos, una de ellas es por desplazamiento de volumen, (Pres et al., 2022). En esta metodología, se conecta el biorreactor a un recipiente externo, el cual contiene una solución líquida alcalina. Cuando se produce biogás, este desplaza volumen de este recipiente externo, generando que la solución contenida salga de este y pase a otro recipiente contenedor. De esta forma el volumen del líquido desplazado es equivalente al volumen de biogás generado en los biorreactores, (Filer et al., 2019). En este sentido, el monitoreo del volumen desplazado debe realizarse de manera constante, incluso en las noches, para evitar derrames de la solución desplazada y fallos en la estimación de la producción. Esto puede representar una limitante, la persona que toma los datos debe estar continuamente revisando, el laboratorio en donde se encuentran los montajes no debería tener restricciones de entrada en ningún horario o día de la semana, sin embargo, esto no siempre es posible. Por esta razón, surge la necesidad de automatizar la toma de datos de volumen producido en los reactores en estudio.

Con el fin de automatizar el proceso, se desarrolla un sistema de visión artificial, entendiéndolo como una tecnología que integra software y hardware, en donde se captan imágenes para realizar un procesamiento posterior y un reconocimiento de algún patrón, luego de ello toma decisiones, (Iberdrola, 2022). Estos sistemas tienen muchas aplicaciones y se pueden adecuar con bajo presupuesto respecto a otras tecnologías de adquisición de datos, puesto que para el hardware se requiere de una cámara y de la iluminación para el objetivo, estos implementos son fácilmente asequibles, (Martin et al., 2018). Respecto al software, es el corazón para que funcione el sistema, este controla la adquisición de la imagen del hardware y contiene las instrucciones para realizar las tareas que el usuario decida. VISION – BIOGAS, es el programa que se desarrolló en el entorno de programación LabVIEW, un lenguaje gráfico de programación con amplia uso en ingeniería. (Kodosky, 2020) Este programa monitorea el volumen de biogás producido en reactores, por medio de la captura de imagen y procesamiento de la misma, almacena los datos y se visualizan en gráficos. Adicional a ello envía alertas cuando los colectores están cerca del llenado.

Este software se registra ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor, para dar cumplimiento a los criterios establecidos por el Ministerio de Ciencia y Tecnología para ser reconocido como un producto de desarrollo tecnológico e innovación, producto tecnológico, certificado o validado.

1. REQUISITOS MINCIENCIAS

Según la guía para el reconocimiento y medición de grupos de investigación e investigadores, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Minciencias, para el reconocimiento de un software como producto resultado de actividades de desarrollo tecnológico e innovación, producto tecnológico certificado o validado, se requiere del registro ante la entidad correspondiente, que en este caso es la Dirección Nacional de Derechos de Autor, una carta que emite la institución financiadora certificando la pertenencia de dicho software a un proyecto, y la descripción de las etapas de desarrollo de software, las cuales se presentan a continuación.

1.1 ANÁLISIS

La aplicación del software es para la medición de la producción de biogás en reactores de estudio de diversos sustratos. Uno de los métodos para cuantificar esta producción es por desplazamiento de volumen, teniendo en cuenta un sistema que contenga: un colector de gas conteniendo una solución y ubicado de manera invertida y un colector de solución desplazada, de esta forma desde el reactor se produce el biogás, este pasa al colector que contiene la solución y desplaza un volumen igual al producido, la solución desplazada es recolectada en otro recipiente en el cual se realiza la medición y es el foco del programa en cuestión.

El software se desarrolla en el entorno de programación LabVIEW, en el cual se puede diseñar de manera paralela el panel frontal o interfaz de usuario. Este programa se llama VISION – BIOGAS. Contiene un panel de tres ventanas: inicio, en el cual se ingresan los datos de usuario, nombre, correo electrónico, entre otros; imagen, en el cual se visualiza la captura de imagen por una cámara y el respectivo reconocimiento de imagen que en el siguiente párrafo se explica; datos, en la cual se visualiza la producción de biogás a través del tiempo y se pueden descargar los datos en Excel.

Para la medición del volumen desplazado, se desarrolla un sistema de visión artificial, en el cual se adecúa una cámara enfocando los recipientes que colectan la solución, se sugiere que estos sean probetas graduadas. Estos deben estar ubicados en un espacio despejado con fondo blanco. El software captura la imagen de la cámara, realiza una segmentación de la misma, con el fin de obtener el máximo contraste de la parte en la que se tiene la solución. Luego de esto debe realizar la

identificación de la solución por patrón de color. A partir de esta identificación, el programa realiza una conversión para determinar el volumen contenido.

Para el correcto proceso de conversión a volumen, el software tiene una fase inicial de calibración, en la cual el usuario debe asegurarse del correcto montaje de la cámara y del enfoque a las probetas. Luego de esto debe ingresar unos valores solicitados. Al terminar este proceso, el programa está listo para las mediciones.

Cuando comienza la medición, los volúmenes son registrados y graficados con respecto al tiempo, así mismo se pueden descargar en Excel al pulsar un botón. Cuando el volumen de las probetas está cerca del llenado, se activa una alerta la cual envía al correo electrónico ingresado el mensaje de advertencia. Este programa puede funcionar de manera continua y cuando se desee se da clic en un botón de Stop para detenerlo.

1.2 DISEÑO

Se desarrolla el software llamado VISION – BIOGAS, en el entorno de programación LabVIEW. Teniendo en cuenta los requerimientos, se tiene una única ventana con un panel de tres opciones o pestañas, las cuales se pueden intercambiar con solo hacer clic en los nombres.

En la primera pestaña llamada inicio, se pide al usuario ingresar los datos personales, un correo y contraseña, la cual no será visible, para ser el remitente de los correos de alerta. Así mismo un correo de destinatario. En esta misma pestaña se puede modificar el asunto y el mensaje de alerta.

En la segunda pestaña del panel se visualizará la imagen captada por el hardware, esta imagen se podrá visualizar en tiempo real y en condiciones reales, y también con la segmentación y el reconocimiento de imagen. En esta pestaña está la fase de calibración, se pide ingresar al usuario datos de volumen de probetas, y otros que el mismo programa muestra. Esta calibración se realiza cuando el hardware o montaje de las probetas cambia alguna condición. Además, permite que internamente el software haga la traducción del reconocimiento de imagen a volumen.

En la tercera pestaña del panel, se visualiza la gráfica de volumen de biogás con respecto al tiempo, en este espacio se encuentra un botón que permite descargar los datos en un archivo de Excel para su posterior uso y análisis.

El software tiene como estructura principal, una estructura de ciclo While, la cual se inicia con la ejecución del programa y finaliza cuando el usuario pulsa el botón de Stop. Este botón de Stop es visible en todo momento y está fuera del panel que contiene las tres pestañas descritas. Dentro de esta estructura se realiza la segmentación de las capturas de imagen cada segundo, de esta manera los volúmenes que se calculan también se realizan cada segundo. Cuando el volumen está cerca del llenado de las probetas, el software lo detecta y envía la alarma al correo descrito, este proceso no es visible en la interfaz de usuario.

El programa es diseñado para que pueda ser ejecutado desde el inicio hasta que el usuario pulse Stop. No es necesario la permanencia frente al programa, solo al iniciar la ejecución y al finalizar.

1.3 IMPLEMENTACIÓN

El desarrollo de software contempla varios momentos, estos se han clasificado en: imagen, reconocimiento de patrón, traducción a volumen y datos, y envío de correo. En imagen, se contempla la adquisición de la señal de la cámara, para ello se utilizan las funciones de “Vision Acquisition”, para iniciar la cámara, configurar parámetros, y adquirir la imagen. Al finalizar el programa también se utiliza la función de cierre de sesión iniciada en la cámara.

En reconocimiento de patrón, se desarrolla la segmentación de la imagen, para ello se utiliza la función de extracción del color, esto con el fin de resaltar el contenido de la solución en las probetas. Seguido de la segmentación se utilizó la función llamada “Count Objects”, esta se parametriza para reconocer objetos oscuros, además de ello se obtienen los valores de los píxeles en el plano vertical. Con estos píxeles se desarrolla la sección llamada traducción a volumen. En esta parte del software, se utilizan los píxeles y los datos de la calibración que se piden al usuario, para realizar una regresión lineal y de esta manera indicar el volumen de la solución correspondiente. Con esta traducción se obtienen los valores de volumen producido por los reactores. Estos datos se grafican por medio de un “Waveform chart” y con un nodo de invocación de este, se obtienen los datos registrados en un Excel.

Finalmente, la sección de envío de correo se realiza por medio del protocolo simple de transferencia de correo, en LabVIEW se encuentra la librería con las funciones utilizadas para este fin. Este correo es enviado cuando se activa un dato booleano de falso o verdadero, en el cual se hace la pregunta del volumen si es mayor un valor determinado de acuerdo con la calibración.

Para las decisiones que se toman en el software, se utiliza la estructura “case”, en la cual se puede disgregar el código dependiendo el caso. La estructura principal es un ciclo “While” que inicia al ejecutarse el programa y al iniciar la sesión de la cámara, ya que esta solo debe iniciar una vez. Los errores que se pueden presentar en la ejecución del programa pueden ser por fallas en la red o por errores en los datos ingresados en el usuario, para ello se tiene las funciones de “error handler”, lo cual permite que se puedan registrar los datos de volumen a través del tiempo.

1.4 VERIFICACIÓN

Se prueba el software con el hardware correspondiente a una cámara Basler enfocando hacia probetas que serán las que van a contener el volumen desplazado de la solución. Se prueba realizando la calibración para diferentes distancias y condiciones de iluminación, asegurando el correcto funcionamiento del software, también se verifica la funcionalidad del envío de las alertas cuando el volumen está al 80% del llenado de cualquier probeta. Se comprueba el funcionamiento de cada uno de los botones y de las pestañas, la visualización de la información debe ser correcta luego de las calibraciones. De esta forma se completa el desarrollo del software.

2. REGISTRO DE SOFTWARE

Al culminar el software, se le llamó a este VISION -BIOGAS, y se procedió al registro ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor, DNDA, para ello se alistaron los documentos que exigían con el nivel de especificidad descrito en la página de Registro de Obras de la entidad. Estos documentos son una descripción del software desarrollado, y un manual del usuario de dicho software. Así mismo se diligenciaron los formatos necesarios y se adjuntó el código fuente desarrollado en el entorno de programación. Luego de tramitar el registro, la entidad verifica la información y emite el registro del software, el cual protege los derechos autorales del mismo. Se anexan a este documento el Registro emitido por la DNDA, anexo 1. El manual de usuario del software VISION – BIOGAS, anexo 2. La descripción del Software, anexo 3. El código fuente, anexo 4.

Con este documento, la entidad financiadora del proyecto, en este caso la Universidad Santo Tomás emite la carta certificando que el software hace parte de la ejecución de un proyecto. Esta carta se adjunta en el anexo 5.

3. CONCLUSIONES

Se desarrolló un sistema de visión artificial para la medición de volumen producido de biogás en reactores en estudio, permitiendo el monitoreo de estos de manera continua y sin la necesidad de permanencia de personal.

El software desarrollado es escalable y puede medir el volumen de varios reactores al tiempo dependiendo de la imagen captada de la cámara conectada.

El software funciona con las condiciones descritas en las fases de desarrollo de análisis, diseño, implementación y validación y cuenta con registro de protección de derechos autorales emitido por la Dirección Nacional de Derechos de Autor.

4. RECOMENDACIONES

Se recomienda verificar el montaje físico o hardware antes de la ejecución del programa, este debe contar con una cámara y esta debe enfocar los recipientes colectores de la solución desplazada.

Se recomienda que los colectores de la solución desplazada sean probetas para facilitar la medición del volumen.

Se recomienda estudiar el manual del usuario antes de la ejecución del programa.

BIBLIOGRAFÍA

- Filer, J., Ding, H. H., & Chang, S. (2019). Biochemical Methane Potential (BMP) Assay Method for Anaerobic Digestion Research. *Water*, 11(5).
<https://doi.org/10.3390/w11050921>
- Iberdrola. (2022). *Vision Artificial*. <https://www.iberdrola.com/innovacion/vision-artificial#:~:text=La visi3n artificial es una,actuar de una manera determinada>.
- Kodosky, J. (2020). LabVIEW. *Proc. ACM Program. Lang.*, 4(HOPL).
<https://doi.org/10.1145/3386328>
- Martin, A. D., Vazquez, J. R., & Cano, J. M. (2018). MPPT in PV systems under partial shading conditions using artificial vision. *Electric Power Systems Research*, 162, 89–98. <https://doi.org/10.1016/J.EPSR.2018.05.005>
- Pres, P., Beily, M. E., & Crespo, D. (2022). *Ensayo Potencial Bioquímico Metanogénico. Una metodología clave para conocer la energía de las biomasas* (INTA).

ANEXOS

Anexo 1. Registro de Software

Se anexa documento PDF denominado Registro de Software.

Anexo 2. Manual de Usuario

Se anexa documento PDF denominado Manual de usuario.

Anexo 3. Descripción del Software

Se anexa documento PDF denominado Descripción del Software.

Anexo 4. Código Fuente

Se anexa carpeta comprimida con el software desarrollado, y documentos PDF denominados Código e Interfaz.

Anexo 5. Carta Entidad Financiadora

Se anexa documento PDF con la carta emitida por la Institución