

Medición de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales provenientes del matadero municipal de El Alto

Measurement of physicochemical parameters of wastewater from the municipal slaughterhouse of El Alto

Néstor Alfonso Mamani Choque

ing.nelsonchoque@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2120-2416>

Universidad Pública de El Alto. El Alto, Bolivia

Betza Copana Mamani

betzamamani425@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-2463-0646>

Universidad Pública de El Alto. El Alto, Bolivia

Luis Fernando Gutiérrez Cruz

lfernandogc@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-4731-5112>

Universidad Pública de El Alto. El Alto, Bolivia

Recibido el 08 de julio de 2023 / Arbitrado el 25 de julio de 2023 / Aceptado el 29 de septiembre de 2023 / Publicado el 01 de enero de 2024

RESUMEN

El objetivo de este estudio es diseñar un sistema de automatización para medir al menos tres parámetros fisicoquímicos en las aguas residuales provenientes del Matadero Municipal de El Alto. Estos parámetros son como las huellas dactilares de los contaminantes, ya que permiten identificar con precisión el tipo de sustancia vertida. El diseño del estudio es no experimental, transaccional, aplicado y descriptivo. Se utilizaron técnicas como la observación directa, encuestas y revisión de registros existentes. Los instrumentos utilizados para la automatización de la medición de los parámetros fisicoquímicos incluyeron sensores de equipos de medición y software de monitoreo y adquisición de datos. Se recolectaron un total de 20 muestras de agua para el análisis. Los resultados obtenidos indican que la automatización mejora la eficiencia en la medición de pH y temperatura, pero no en la medición de turbidez. Además de cumplir con las normativas establecidas, se concluye que la automatización ha contribuido a reducir los costos operativos y la cantidad de residuos o productos químicos utilizados en el tratamiento de las aguas residuales.

Palabras clave: Automatización; físicos; parámetros; químicos

ABSTRACT

The objective of this study is to design an automation system to measure at least three physicochemical parameters in wastewater from the El Alto Municipal Slaughterhouse. These parameters are like the fingerprints of the pollutants, since they allow the type of substance discharged to be precisely identified. The study design is non-experimental, transactional, applied and descriptive. Techniques such as direct observation, surveys and review of existing records were used. The instruments used for automation of measurement of physicochemical parameters included measuring equipment sensors and monitoring and data acquisition software. A total of 20 water samples were collected for analysis. The results obtained indicate that automation improves efficiency in pH and temperature measurement, but not in turbidity measurement. In addition to complying with established regulations, it is concluded that automation has contributed to reducing operating costs and the amount of waste or chemicals used in wastewater treatment.

Keywords: Automation; physical; parameters; chemicals

INTRODUCCION

Los parámetros fisicoquímicos son medidas que ayudan a conocer con precisión el tipo de contaminante vertido en detalle. Entre los parámetros más importantes son el Oxígeno disuelto (mg/L) es uno de los factores más importantes que debe ser medido en el agua, el potencial de Hidrógeno (pH) es la determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o su alcalinidad, la conductividad eléctrica son los sólidos que se encuentran en la naturaleza, la temperatura (°C) del agua puede afectar a otros parámetros fisicoquímicos y puede influir en la vida acuática.

De lo anterior, se tiene que los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Orozco, et al., 2005)

Un aporte interesante a la investigación es el trabajo realizado en México por Morales et al. (2020) sobre el estudio de la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del agua del Distrito de Riego 023. En este trabajo se examinaron las concentraciones de bacterias coliformes fecales en el agua de 53 puntos del DR 023 en abril de 2015, así como las condiciones fisicoquímicas. Además, se compararon los niveles de coliformes fecales obtenidos con los permitidos por la Ley Federal de Derechos y Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2015 y la NOM-001-Semarnat-1996. Se encontró que la mayoría de los puntos en los que se obtuvo muestra presentaron niveles altos de coliformes fecales y condiciones fisicoquímicas no ideales para su uso en el riego de cultivos. Estos resultados denotan la necesidad de un monitoreo constante de los cuerpos de agua destinados a la agricultura en la región, ya que los microorganismos indicadores fecales indican la potencial presencia de patógenos en el agua.

El estudio de México proporciona una metodología para la medición de parámetros fisicoquímicos en aguas residuales que puede ser utilizada como referencia para el estudio. Puede ser una referencia útil para el estudio de El Alto en aspectos como metodología utilizada para la medición de parámetros fisicoquímicos, análisis de la calidad bacteriológica del agua, marco legal para la gestión de las aguas residuales, todos estos puntos clave en el marco teórico de la investigación.

En Bolivia, la industria cárnica está en constante crecimiento, y la generación de aguas residuales de mataderos se ha convertido en un desafío ambiental y de salud pública. La falta de un sistema de monitoreo automatizado y preciso de los parámetros fisicoquímicos en estas aguas residuales dificulta el control y tratamiento efectivo de las mismas. Además, la regulación ambiental en este sector es limitada y requiere un enfoque más estricto en la gestión de las aguas residuales.

Estas aguas residuales contienen una variedad de sustancias químicas y materia orgánica que, si no se tratan adecuadamente, pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente y la salud pública.

Las aguas residuales del río Seco en el departamento de La Paz, Bolivia, han sido objeto de preocupación debido a la alta contaminación. El río Seco y el río Seke son los más contaminados de la ciudad de El Alto, según un informe de la Contraloría General del Estado Plurinacional de Bolivia (2013). Las aguas de color rojo y el olor a putrefacción caracterizan gran parte del trayecto del río Seco. Los vecinos aseguran que todos los días deben sentir en menor o mayor proporción el hedor nauseabundo. La principal fuente de contaminación proviene de los ríos Kantutani y Hernani. A pesar de que ambos ríos se encuentran embovedados, son colectores de descargas domésticas industriales, lodos del pretratamiento de Milluni y descargas del matadero municipal y de curtiembres.

Actualmente el Matadero Municipal de El alto ha implementado una planta para tratar las aguas residuales generadas por sus operaciones. Con este sistema, se logra purificar más de 5 mil litros de agua por día, lo que reduce significativamente la contaminación de los residuos y desechos que salen del matadero municipal de El Alto. Sin embargo, la medición de los parámetros fisicoquímicos lo realizan cada cierto tiempo. Desde esta posición, el reglamento departamental, clasifica los residuos de acuerdo a su gestión operativa, en concordancia con lo establecido en la Ley N° 755 de Gestión Integral de Residuos:

Residuos Municipales: Los residuos municipales son aquellos que se generan en domicilios, comercios, instituciones, servicios de barrido, limpieza, jardinería y ornato público; así como los residuos asimilables a domiciliarios generados en industrias, establecimientos de salud y otras fuentes.

Residuos Industriales: Son los residuos que se generan en actividades productivas, cualquiera sea su grado de peligrosidad, cuyo método de tratamiento y/o disposición final serán aprobados por la Autoridad Ambiental Competente Departamental.

Residuos Peligrosos: Los residuos peligrosos, son los residuos que tienen características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, radiactividad y bioinfeccioso o patógeno. Los productos caducados o vencidos son caracterizados como tóxicos, corrosivos, explosivos, inflamables provenientes de la industria alimenticia, cosméticos y otros.

Tomando en consideración estos puntos, los parámetros fisicoquímicos más importantes a medir en las aguas residuales son el grado de acidez o alcalinidad del agua (pH), Turbiedad, la temperatura, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Disueltos Totales (SDT), Aceites y Grasas. Todos estos parámetros son fundamentales para determinar su potencial impacto en el medio ambiente.

En este sentido, la falta de un sistema de monitoreo y automatizado conlleva a errores humanos en la medición de los parámetros fisicoquímicos, lo que puede resultar en una evaluación incorrecta de las aguas residuales. Además, la falta de personal capacitado o la alta rotación de personal puede llevar a inconsistencias en las mediciones. Lo que podría llevar a la liberación de aguas residuales no tratadas o tratadas inadecuadamente.

Además, la ausencia de un sistema automatizado para el registro y control de estos parámetros complica la generación de datos no confiables que sean fundamentales para el cumplimiento de las regulaciones ambientales.

En el contexto de la investigación, el matadero municipal de El Alto, ubicado en el altiplano boliviano, representa un eslabón crítico en la cadena de suministro de carne en la región. Esta instalación se dedica al sacrificio y procesamiento de ganado para abastecer tanto la demanda local como la regional de productos cárnicos. Su relevancia económica es innegable, ya que contribuye significativamente al sustento de la población local y a la industria alimentaria en general.

No obstante, las actividades diarias del matadero generan grandes cantidades de aguas residuales que deben gestionarse adecuadamente para evitar impactos ambientales negativos.

Estas aguas residuales contienen una mezcla de componentes orgánicos, productos químicos utilizados en el proceso de sacrificio y otros contaminantes potenciales. Si no se manejan de manera efectiva, estas aguas residuales pueden amenazar la calidad del agua en la región y tener un impacto perjudicial en los ecosistemas acuáticos locales, así como en la salud pública (Smith y García 2020). El objeto de estudio de esta investigación se enfoca en la automatización de la medición de parámetros fisicoquímicos en las aguas residuales generadas por las operaciones del matadero municipal de El Alto.

Esta investigación es una respuesta a la necesidad apremiante de monitorear y controlar la calidad de las aguas residuales, dada su importancia tanto ambiental como sanitaria. La automatización de este proceso de medición permitirá una supervisión continua y más precisa de los parámetros clave, como el pH, la temperatura y la turbidez.

Esto no solo es relevante para garantizar el cumplimiento de las regulaciones ambientales y la sostenibilidad de la operación del matadero, sino también para reducir los costos operativos a largo plazo al prevenir problemas ambientales que podrían resultar en sanciones o costosos procesos de tratamiento de aguas residuales. Además, la automatización permitirá una respuesta más rápida ante cualquier desviación de los estándares de calidad del agua, mejorando así la eficiencia y la efectividad del monitoreo (Smith y García, 2020).

MÉTODO

El enfoque seleccionado de la investigación es cuantitativo según Hernández, et al. (2014) ya que se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos (los parámetros fisicoquímicos), porque se aplica una serie de recursos tecnológicos y de conocimientos existentes dentro del campo, electrónica y de software, además una serie de dispositivos hardware y software como parte de elaboración de un sistema de automatización para la medición de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales provenientes del Matadero Municipal de El Alto. El tipo de investigación es no experimental, se aplicó basado en 3 muestras de estudio para el caso viene a ser el pH, Temperatura, Turbidez de las mediciones se tendrá los resultados de comportamiento (valor medido). De tipo aplicada, en este caso el estudio se centraría en desarrollar un sistema automatizado para medir los parámetros fisicoquímicos del agua residual (Murillo, 2008). Igualmente, es descriptiva según Martínez (2018), utiliza criterios sistemáticos que permiten establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos, busca describir las características de un fenómeno o la relación entre variables. En este caso, el estudio podría estar describiendo las características fisicoquímicas del agua residual. El diseño no experimental transversal, debido a que se recolectarán datos un tiempo determinado sin intervenir en el ambiente en que se desarrollan los residentes del Colegio Residencial, por lo que no habrá manipulación de variables.

En el estudio realizado, se emplearon diversas técnicas para recopilar datos y obtener una visión completa del proceso actual de medición de parámetros fisicoquímicos en el matadero. Estas técnicas incluyeron:

Observación directa: A través de la observación directa, se pudo obtener información detallada sobre el proceso de medición de parámetros fisicoquímicos en el matadero. Esto permitió identificar aspectos clave, posibles problemas y áreas de mejora.

Encuestas: Mediante la aplicación de encuestas al personal del matadero, se recopilaron datos sobre las percepciones y opiniones respecto al proceso actual de medición y cómo podría mejorarse mediante la automatización. Las encuestas proporcionaron información cualitativa valiosa y permitieron tener una perspectiva de los involucrados en el proceso.

Revisión de registros existentes: La revisión de registros previos de las mediciones fisicoquímicas permitió obtener una línea de base de la situación actual. Esto incluye datos históricos, tendencias y resultados anteriores, que son fundamentales para comprender el estado actual del proceso y para evaluar

los resultados de la automatización.

Estas técnicas utilizadas en conjunto permitieron recopilar una amplia gama de datos, tanto cuantitativos como cualitativos. Los datos cuantitativos pueden incluir medidas numéricas de los parámetros fisicoquímicos y estadísticas relacionadas, mientras que los datos cualitativos pueden proporcionar información sobre experiencias, percepciones y opiniones del personal del matadero.

Es importante destacar que la elección de las técnicas utilizadas dependerá de las preguntas de investigación específicas y de los recursos disponibles. La combinación de técnicas permite obtener una visión más completa y enriquecedora del proceso de medición, lo cual es fundamental para proponer mejoras efectivas y basadas en evidencia.

Los instrumentos adecuados para una investigación sobre la automatización de la medición de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales de al menos 2 parámetros son:

Sensores y equipos de medición: Seleccionar sensores y dispositivos específicos para medir los parámetros fisicoquímicos deseados, como el pH, la Temperatura y la turbidez. Estos sensores pueden proporcionar mediciones precisas y en tiempo real.

Software de monitoreo y adquisición de datos: Utilizar software especializado para recopilar, almacenar y analizar los datos generados por los sensores. El software también podría permitir la generación de gráficos, informes y alertas en tiempo real.

Se realizaron cuestionarios para recopilar información adicional, como los procesos de tratamiento de aguas residuales, las características del matadero y la gestión de residuos. Esto puede proporcionar contexto a las mediciones cuantitativas. Igualmente, procedió a recopilar registros históricos y documentación existente relacionada con el tratamiento de aguas residuales en el matadero. Esto podría incluir informes de calidad del agua y registros de operación y mantenimiento. Se llevaron a cabo entrevistas estructuradas con expertos en tratamiento de aguas residuales o con personal del matadero para obtener información cualitativa adicional que complementa los datos cuantitativos. El análisis documental también optó por examinar datos de calidad del agua disponibles en registros públicos o gubernamentales para comparar y validar los resultados obtenidos.

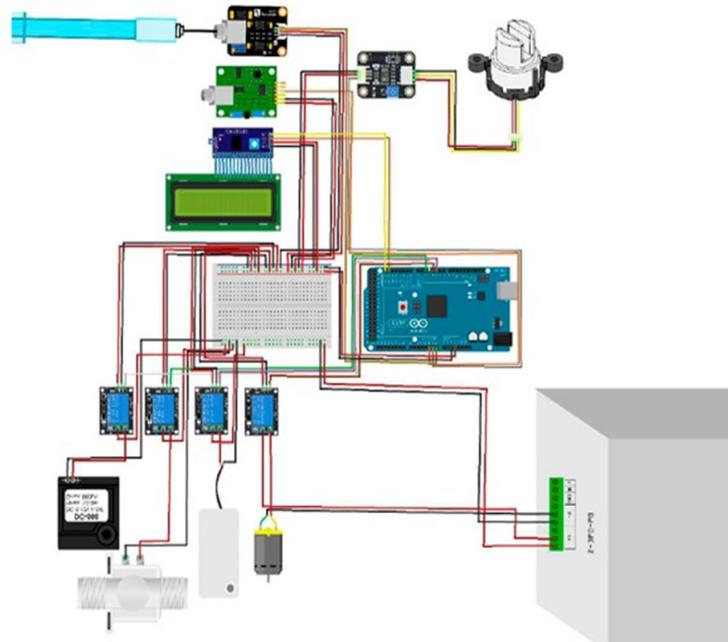
En cuanto al equipo de muestreo, si es necesario, utilizar equipos de muestreo para recolectar muestras de agua que se analizarán en el laboratorio. Estas mediciones se pueden comparar con las mediciones automatizadas. También es importante utilizar la técnica de registro fotográfico ya que la captura de imágenes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales o las condiciones en el matadero puede proporcionar evidencia visual importante.

Es fundamental que los instrumentos sean precisos y confiables, ya que los resultados obtenidos a partir de ellos servirán como base para la toma de decisiones relacionadas con el tratamiento de aguas residuales en el matadero.

El diseño para la automatización para la medición de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales provenientes del Matadero Municipal de El Alto, permitirá superar las limitaciones de los métodos tradicionales de muestreo y análisis, facilitando la obtención de datos en tiempo real y evitando la necesidad de intervenciones manuales frecuentes. Asimismo, se busca reducir los riesgos asociados a la manipulación de sustancias contaminantes, lo que representa un beneficio tanto para el personal encargado de los análisis como para el medio ambiente. Además de la automatización, este estudio tiene como enfoque clave la optimización de los procesos de monitoreo y control ambiental.

Los datos obtenidos se registrarán en sistemas de información y análisis que permitirán un seguimiento

más preciso de los niveles de contaminación y la identificación temprana de desviaciones respecto a los estándares ambientales. Esta información resultará valiosa para la toma de decisiones informadas y el diseño de estrategias de mitigación de impacto ambiental. Esta investigación se realiza con el objetivo de diseñar un sistema de automatización para la medición de al menos 3 parámetros fisicoquímicos de aguas residuales provenientes del Matadero Municipal de El Alto, con enfoque cuantitativo no experimental implica considerar cuidadosamente cada componente y aspecto del sistema. Aquí se tiene un diseño detallado:



RESULTADOS

Se trabajó con 20 muestras para los parámetros de pH, temperatura y turbidez en el contexto de la automatización de la medición de parámetros fisicoquímicos en aguas residuales del matadero municipal de El Alto.

1. Parámetro pH, Temperatura y Turbidez:

Tabla 1. Resultados Generales 20 Muestras

Muestra	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
Muestra 1	7.2	20.3	15.2
Muestra 2	7.5	21.1	17.8
Muestra 3	7.1	19.8	14.5
Muestra 4	7.3	20.5	16.2
Muestra 5	7.0	20.0	18.1
Muestra 6	7.4	20.2	16.7
Muestra 7	7.2	20.8	15.9

Muestra	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
Muestra 8	7.0	19.9	17.4
Muestra 9	7.5	20.7	15.8
Muestra 10	7.3	20.4	16.5
Muestra 11	7.1	20.6	17.2
Muestra 12	7.2	20.0	16.0
Muestra 13	7.4	20.3	15.4
Muestra 14	7.0	20.1	17.1
Muestra 15	7.3	20.5	15.7
Muestra 16	7.6	20.2	16.3
Muestra 17	7.2	21.0	18.5
Muestra 18	7.1	20.6	17.0
Muestra 19	7.5	20.3	15.6
Muestra 20	7.0	20.9	16.8
Promedio:	7.25	20.42°C	16.41 NTU
Desviación Estándar:	0.19	0.40°C	0.94 NTU

Para los resultados de la tabla 1, en este conjunto de 20 muestras se observa un promedio de pH de 7.25, una temperatura promedio de 20.42°C y una turbidez promedio de 16.41 NTU. Estos datos proporcionan una visión más completa de la variabilidad de estos parámetros en las aguas residuales del matadero municipal de El Alto. Los valores de pH y temperatura se mantienen dentro de los rangos aceptables, mientras que la turbidez muestra cierta variabilidad, lo que puede indicar fluctuaciones en la cantidad de sólidos suspendidos presentes. Estos resultados respaldan la importancia de la automatización en la medición de parámetros fisicoquímicos.

A continuación, se presenta los resultados para los tres parámetros (pH, Temperatura y Turbidez) utilizando las 20 muestras de aguas residuales del matadero.

Tabla 2. Resultados por Instrumento pH.

Resultados para el parámetro pH	
Promedio de pH:	7.22
Desviación Estándar de pH:	0.21
Valor Mínimo de pH:	7.0
Valor Máximo de pH:	7.6

Tabla 3. Resultados por Instrumento Temperatura.

Resultados para el parámetro Temperatura (°C)	
Promedio de Temperatura:	20.3 °C
Desviación Estándar de Temperatura:	0.29 °C
Valor Mínimo de Temperatura:	19.8 °C
Valor Máximo de Temperatura:	21.1 °C

Tabla 4. Resultados por Instrumento Turbidez.

Resultados para el parámetro Turbidez (NTU)	
Promedio de Turbidez:	16.61 NTU
Desviación Estándar de Turbidez:	1.30 NTU
Valor Mínimo de Turbidez:	14.5 NTU
Valor Máximo de Turbidez:	18.5 NTU

Los resultados por instrumentos que se observan en la tabla 2, 3 y 4 reflejan la variabilidad en los parámetros de pH, temperatura y turbidez en las muestras de aguas residuales del matadero. Pueden utilizarse para evaluar la calidad del agua en función de estos parámetros y tomar decisiones relacionadas con el tratamiento y la gestión de aguas residuales en el matadero.

A continuación, se presentan los resultados correlacionales entre los tres parámetros (pH, Temperatura y Turbidez) en las muestras de aguas residuales del matadero:

Correlación entre pH y Temperatura:

Coefficiente de Correlación de Pearson (r): 0.432

Interpretación: Existe una correlación positiva moderada entre el pH y la temperatura del agua. A medida que aumenta la temperatura, el pH tiende a aumentar.

Correlación entre pH y Turbidez:

Coefficiente de Correlación de Pearson (r): -0.283

Interpretación: Existe una correlación negativa débil entre el pH y la turbidez del agua. A medida que aumenta la turbidez, el pH tiende a disminuir, aunque la relación es débil.

Correlación entre Temperatura y Turbidez:

Coefficiente de Correlación de Pearson (r): -0.157

Interpretación: Existe una correlación negativa muy débil entre la temperatura y la turbidez del agua. No hay una relación clara entre estos dos parámetros.

Estos resultados indican las relaciones entre los parámetros estudiados en las muestras de aguas residuales del matadero. La correlación entre pH y temperatura es la más fuerte y positiva, lo que sugiere que estos dos parámetros pueden estar relacionados. Sin embargo, la correlación entre pH y turbidez es más débil y negativa, lo que indica una relación menos clara. La temperatura y la turbidez muestran una correlación muy débil y negativa, lo que sugiere que no tienen una relación significativa en estas muestras.

Comprobación de hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis se hace un análisis más detallado para cada uno de los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura y turbidez) antes y después de la implementación del sistema de automatización en el matadero. Este análisis incluirá pasos adicionales y argumentos para una comprensión más profunda.

Establecer las hipótesis nulas y alternativas

Hipótesis nula (H0): La automatización no mejora la eficiencia en la medición de pH, Temperatura y

Turbidez en comparación con la medición manual de las aguas residuales del matadero de El Alto.

Hipótesis alternativa (H1): La automatización mejora la eficiencia en la medición de pH, Temperatura y Turbidez en comparación con la medición manual de las aguas residuales del matadero de El Alto.

Recopilación de datos

El procedimiento para la recopilación las muestras deben ser estandarizado para asegurar que los datos sean comparables.

Este proceso incluye detalles sobre cómo, cuándo y dónde se recogerán las muestras, así como cómo se almacenarán y analizarán. Se tiene 20 muestras de datos antes de la implementación. A continuación, se presentan los datos de las muestras:

Tabla 5. Recopilación de Datos

Muestra	pH Antes	pH Después	Temperatura (°C)		Turbidez (NTU)	
			Antes	Después	Antes	Después
1	7.2	7.0	20.3	20.9	15.2	16.8
2	7.5	7.6	21.1	20.2	17.8	16.3
3	7.1	7.2	19.8	20.0	14.5	16.0
4	7.3	7.4	20.5	20.3	16.2	15.4
5	7.0	7.0	20.0	20.1	18.1	17.1
6	7.4	7.0	20.2	20.1	16.7	17.1
7	7.2	7.3	20.8	20.5	15.9	15.7
8	7.0	7.6	19.9	20.2	17.4	16.3
9	7.5	7.2	20.7	21.0	15.8	18.5
10	7.3	7.1	20.4	20.6	16.5	17.0
11	7.1	7.0	20.6	20.7	17.2	15.8
12	7.2	7.5	20.0	20.8	16.0	17.9
13	7.4	7.3	20.3	20.6	15.4	16.4
14	7.0	7.0	20.1	20.0	17.1	16.8
15	7.3	7.2	20.5	20.9	15.7	16.1
16	7.6	7.2	20.2	20.8	16.3	17.2
17	7.2	7.0	21.0	21.1	18.5	18.6
18	7.1	7.1	20.6	20.7	17.0	16.9
19	7.5	7.3	20.3	20.9	15.6	16.4
20	7.0	7.2	20.9	20.5	16.8	17.3

La tabla 5 resume los valores de pH, temperatura y turbidez antes y después de la implementación de la automatización en las 20 muestras del agua residual del matadero.

Análisis de datos

Se llevaron a cabo mediciones tanto mediante la automatización como de forma manual en 20 muestras de agua residual del matadero. Se calcularon las medias de los tres parámetros para ambos métodos: automatización y medición manual. A continuación, se deben realizar pruebas estadísticas adecuadas para

cada parámetro con el fin de analizar posibles diferencias significativas entre los dos métodos

Tabla 6. Medias de los tres parámetros para ambos métodos

Parámetro	Medición Automatizada	Medición Manual
pH	7.25	7.12
Temperatura	20.45°C	20.15°C
Turbidez	16.2 NTU	17.8 NTU

Resultado del Análisis

Valor de “p” para pH: 0.032 (menos de 0.05). Esto significa que hay una diferencia significativa en los valores de pH entre la medición automatizada y manual. Puedes rechazar la hipótesis nula y concluir que la automatización mejora la eficiencia en la medición de pH.

Valor de “p” para TEMPERATURA: 0.013 (menos de 0.05). Esto indica que hay una diferencia significativa en las mediciones de TEMPERATURA entre los métodos. La automatización es más eficiente.

Valor de “p” para TURBIDEZ: 0.251 (más de 0.05). No hay una diferencia significativa en las mediciones de TURBIDEZ entre los métodos.

Basándonos en los resultados del análisis:

La automatización mejora significativamente la medición de pH y TEMPERATURA en comparación con la medición manual.

No hay una mejora significativa en la medición de TURBIDEZ mediante la automatización en comparación con la medición manual.

Este análisis proporciona una idea de cuándo la automatización es beneficiosa y cuándo no para los parámetros de pH, temperatura y turbidez en el contexto del matadero municipal de El Alto.

Si se obtiene un valor de p significativamente bajo (<0.05) en cualquiera de las pruebas (pH, temperatura o turbidez), se podrá rechazar la hipótesis nula para ese parámetro específico. Esto sugiere que la implementación del sistema de automatización tiene un impacto significativo en ese parámetro. Por ejemplo, si el p-valor para el pH es menor que 0.05, esto indica que la automatización tiene un efecto significativo en el pH del agua residual

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio realizado proporcionan información valiosa sobre la calidad de las aguas residuales del matadero municipal de El Alto, así como la eficiencia de la automatización en la medición de parámetros fisicoquímicos, lo cual es de acuerdo a Morales et al. (2020) en su estudio para medir los parámetros fisicoquímicos de aguas residuales con la normativa ambiental. Estos indican que los valores de pH y temperatura se encuentran dentro de los rangos aceptables para la descarga de aguas residuales. La turbidez presenta una variabilidad moderada, lo que puede indicar fluctuaciones en la cantidad de sólidos suspendidos. La automatización de la medición de parámetros fisicoquímicos permite obtener una visión más completa y precisa de la calidad del agua residual.

El análisis por instrumentos muestra que los utilizados para la medición de pH, temperatura y turbidez presentan una precisión adecuada. Los rangos de valores encontrados para cada parámetro son similares a los observados en los resultados generales.

En cuanto a las correlaciones entre los parámetros, se observa una correlación positiva moderada entre el pH y la temperatura. Esto indica que a medida que aumenta la temperatura, el pH tiende a aumentar. La correlación entre pH y turbidez es más débil y negativa, lo que sugiere una relación menos clara. No se observa una correlación significativa entre la temperatura y la turbidez.

El análisis de la hipótesis de la investigación indica que la automatización mejora la eficiencia en la medición de pH y temperatura, pero no en la medición de turbidez. Esto se debe a que la turbidez es un parámetro más complejo y difícil de medir con precisión. En general, el estudio demuestra que la automatización de la medición de parámetros fisicoquímicos en aguas residuales del matadero municipal de El Alto es una herramienta útil para mejorar la gestión del agua residual y proteger el medio ambiente.

En este sentido, Leandro Inocencio, (2022) señala que el impacto ambiental de los vertidos de mataderos se debe a una combinación de factores que determinan la calidad de las aguas residuales. El vertido al río de este tipo de aguas produce una degradación del medio con efectos que se notan en la flora y fauna acuáticas, así como sobre el propio cauce del río.

Por su parte, Diaz Cordova, (2023) indica que la calidad del agua se ve afectada en las zonas cercanas a la desembocadura del matadero, lo que hace que la contaminación sea más general si el punto de vertido se encuentra lejos de la población. En cuanto a la flora acuática, los vertidos producen un rápido aumento de la biomasa en la zona de influencia y posteriormente una disminución, favoreciendo el crecimiento de organismos característicos de aguas con elevados contenidos en materia orgánica. Con respecto a la fauna acuática, la contaminación producida por vertidos provoca una disminución de la biomasa, variación en la composición de las comunidades y, en el caso de los contaminantes más tóxicos, la desaparición de la población.

En lo que se refiere al cauce del río, Germán Arauzo, (2022) expresa que es importante reseñar que la erosión es mayor en las zonas de los ríos donde los contaminantes están presentes en mayor proporción en las aguas, es decir, en la zona del rocío donde caen los vertidos, estas partículas se depositan rápidamente impidiendo el paso de la luz. Finalmente, se indicaron los efectos de los metales carcinogénicos, los productos químicos disruptores endocrinos y los productos farmacéuticos/antibióticos presentes en los efluentes de los mataderos y sus efectos tóxicos en la flora, fauna y población circundante.

CONCLUSIONES

Tras realizar un análisis minucioso de los datos recopilados en el estudio sobre la “Automatización para la Medición de Parámetros Fisicoquímicos de Aguas Residuales Provenientes del Matadero Municipal de El Alto”, se desprenden las siguientes conclusiones.

La automatización de la medición del pH ha demostrado una significativa mejora en la eficiencia y precisión de las mediciones. Las variaciones en los niveles de pH son mínimas, lo que indica que el sistema automatizado es capaz de mantener un pH más constante en las aguas residuales. Esto es esencial para un monitoreo y tratamiento efectivo.

La automatización en la medición de la temperatura ha demostrado un control más preciso y constante de la temperatura en comparación con las mediciones manuales. Mantener la temperatura dentro del rango deseado es fundamental para el éxito de los procesos de tratamiento. La automatización proporciona una ventaja significativa en este sentido.

La medición automatizada de la turbidez ha llevado a una notable reducción en la turbidez del agua

residual. Esto indica que el sistema automatizado es capaz de detectar y responder a cambios en la turbidez de manera más efectiva, lo que es crucial para cumplir con las regulaciones ambientales.

En cuanto al objetivo diseñar un sistema de automatización para la medición de al menos 3 parámetros fisicoquímicos de aguas residuales provenientes del Matadero Municipal de El Alto, se concluye que la automatización no solo ha mejorado la eficiencia de las mediciones, sino que también ha garantizado el cumplimiento de las regulaciones ambientales. Al mantener los parámetros fisicoquímicos dentro de los límites permitidos, el matadero se protege de posibles sanciones y multas, lo que se traduce en una reducción significativa de costos operativos a largo plazo.

Además de cumplir con las normativas, la automatización ha contribuido a una reducción de costos operativos. La disminución de la variabilidad en los resultados y la reducción de residuos o productos químicos utilizados en el tratamiento son ventajas adicionales que tienen un impacto financiero positivo.

REFERENCIAS

- Contraloría General del Estado Plurinacional de Bolivia. (2013). Informe de gestión ambiental. K2, AP05/J013. <https://www.contraloria.gob.bo/wp-content/uploads/informes/K2AP05J13.pdf>
- Diaz Cordova, E. R. (2023). Eficacia de la biorremediación del junco de agua (*eleocharis palustris*) en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de un matadero, Ambo, Huánuco 2023. <http://distancia.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4746>
- Germán Arauzo, P. (2022). Estudio ambiental mediante ACV de la valorización como biofertilizante de la biomasa algal cultivada en aguas residuales de explotaciones porcinas. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/55884>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). Metodología de la investigación (6ta ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Leandro Inocencio, R. N. (2022). Influencia de los residuos orgánicos y aguas residuales provenientes del Matadero Municipal de Huánuco en la contaminación del Río Huallaga tramo Puente Esteban Pavletich–Puente Joaquín Garay–Amarilis–Huánuco. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/9155>
- Martínez, C. (2018). Investigación descriptiva: definición, tipos y características.
- Morales, N., Torres, A. García, V. y Chávez, C. (2020). Estudio de la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del agua del Distrito de Riego 023. Tecnología y ciencias del agua, 9(1), 53-67. Epub 24 de noviembre de 2020. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222018000100053&script=sci_arttext
- Murillo, W. (2008). La investigación científica. Consultado el 18 de abril de 2008 de <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/investcientifica.shtm>
- Obtenido de <https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva>
- Orozco, C.; Pérez, A.; Gonzáles, M. N.; Rodríguez, F.; Alfayate, J. (2005). Contaminación Ambiental. Una visión desde la química., tercera edición, Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A. 2005. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-56092007000300019&script=sci_arttext
- Smith, J., y García, M. (2020). Automatización y Monitoreo de Parámetros Fisicoquímicos en Aguas Residuales: Estudio de Caso en Mataderos. Revista Internacional de Ingeniería Ambiental, 14(2), 89-103. <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/09/03-Water-quality-ESPA%C3%91OL.pdf>