

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS E INFORMÁTICA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS

“Automatización del control de las celdas de riego y su influencia en la
productividad del proceso de recuperación de oro y plata en una
empresa Minera, 2025”

AUTORES:

Bach. Encinas Chambi, Julio Alfonzo
Bach. Espinoza Vásquez, Marino Eliseo
Bach. Ruiz Samamé, Oswaldo Martín

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

ASESOR:

Mg. Corilla Baquerizo, Eduardo Cancio
ORCID: 0000-0003-3472-2696
DNI: 20037930

LIMA- PERÚ
2026

INFORME DE SIMILITUD



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS E INFORMÁTICA
Facultad de Ciencias e Ingeniería

INFORME DE SIMILITUD N° 017-2026-FCI-UPCI-T-ECCB

A : **MG. QUISPE AYQUIPA, CESAR ANTONIO**
Decano (e) de la Facultad de Ciencias e Ingeniería

DE : **MG. EDUARDO CANCIO CORILLA BAQUERIZO**
Docente FCI - UPCI

ASUNTO : Informe de Evaluación de Similitud

FECHA : Jesús María, 25 marzo del 2026

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. a fin de informar lo siguiente:

1. Mediante el uso del programa informático TURNITIN (con las configuraciones de excluir citas, excluir bibliografía y excluir oraciones con cadenas menores a 15 palabras) se ha analizado la tesis titulada: “Automatización del control de las celdas de riego y su influencia en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en una empresa Minera, 2025” presentado por el (los) Br (es):

Bach. Encinas Chambi, Julio Alfonso

Bach. Espinoza Vásquez, Marino Eliseo

Bach. Ruiz Samamé, Oswaldo Martín

2. El resultado de la evaluación indica que la tesis en mención tiene un INDICE DE SIMILITUD DE 14% (cumpliendo con el art. 35 del Reglamento de Grado de Bachiller y Título Profesional UPCI aprobado con Resolución N° 373-2019-UPCI-R de fecha 22/08/2019)
3. Al término del análisis, se concluye que PUEDE(N) CONTINUAR su trámite.

Sin otro particular quedo de usted.

Atentamente

Mg. Eduardo Cancio Corilla Baquerizo
DOCENTE UPCI

PD:

Se adjunta:

- Recibo digital Turnitin
- Resultado de similitud

DEDICATORIA

A mis padres Jesús y Rosa, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme que la perseverancia abre caminos.

A mi esposa Maricela que con paciencia y comprensión me acompaño en cada etapa de este proceso.

A mi familia y amigos por las palabras de aliento y las sonrisas que me recordaron que nunca estaba solo. Y a todos aquellos que, de una otra manera, contribuyeron a que este sueño se hiciera realidad.

Bach. Encinas Chambi, Julio Alfonzo

A mis padres Dalila y Mario q me inculcaron valores y perseverancia.

A mi esposa Ana Maria por su constante apoyo.

A mi hijo Mario por su firme anhelo de superación y desarrollo.

A mis hermanos por la confianza depositada en mi.

Bach. Espinoza Vásquez, Marino Eliseo

A mi esposa Ylia Anita, quien, con su amor, siempre me brinda su apoyo incondicional en todo sentido.

“A mi Hijo Oswaldo Alexander, quien es la inspiración de mi vida y de mi constante superación,

A mis Padres Tula y Oswaldo, a quienes debo todo lo que soy, sobre todo su Ejemplo de Afrontar las vicisitudes de la Vida, con Amor, pero con Carácter.”

Bach. Ruiz Samamé, Oswaldo Martín

AGRADECIMIENTO

Dedicamos el presente trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por brindarnos fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar esta importante etapa de nuestra formación profesional.

A nuestros padres y familiares, quienes, con su apoyo incondicional, esfuerzo y confianza constante fueron el pilar fundamental en nuestro crecimiento personal y académico. Su ejemplo de responsabilidad y dedicación nos motivó a superar cada dificultad presentada durante el desarrollo de esta investigación.

A nuestros docentes y asesores, por guiarnos con profesionalismo, paciencia y compromiso académico, contribuyendo significativamente a la consolidación de nuestros conocimientos y al fortalecimiento de nuestras competencias profesionales.

Finalmente, dedicamos este trabajo a todos aquellos profesionales del sector minero que día a día contribuyen al desarrollo sostenible de la industria, motivándonos a aportar soluciones técnicas que mejoren la productividad y eficiencia de los procesos industriales.

Los autores

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado, en el contexto del “Reglamento del Grado de Bachiller y Título Profesional de la Universidad Peruana de Ciencias e Informática, aprobado mediante la Resolución N° 373-2019-UPCI-R”, y en cumplimiento estricto con lo estipulado en el “Artículo N° 45 de la ley N° 30220”, que establece que la obtención de grados y títulos se lleva a cabo conforme a las condiciones académicas fijadas por cada universidad, les presento para su consideración la tesis titulada “Automatización del control de las celdas de riego y su influencia en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en una empresa Minera”. Solicitamos su evaluación y juicio profesional con el objetivo de conseguir la aprobación necesaria para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial.

Atentamente. –

Bach. Encinas Chambi, Julio Alfonzo

Bach. Espinoza Vásquez, Marino Eliseo

Bach. Ruiz Samamé, Oswaldo Martín

ÍNDICE

CARATULA	i
INFORME DE SIMILITUD	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
PRESENTACIÓN	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Planteamiento del problema	20
1.3. Hipótesis de la investigación	20
1.4. Objetivos de la investigación	21
1.5. Variables, dimensiones e indicadores	22
1.6. Justificación del estudio	23
1.7. Antecedentes nacionales e internacionales	25
1.8. Marco teórico	31
1.9. Definición de términos básicos	37
II. MÉTODO	40
2.1. Tipo y diseño de la investigación	40
2.2. Población y muestra	41
2.3. Técnicas para la recolección de datos	41
2.4 . Validez y confiabilidad de instrumentos	43
2.5. Procesamiento y análisis de datos	45
2.6. Aspectos éticos	46
III. RESULTADOS	47
3.1. Resultados descriptivos	47
3.2. Prueba de normalidad	57
3.3. Contrastación de hipótesis	58
IV. DISCUSION	63

V. CONCLUSIONES	65
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	73
Anexo 01: Matriz de Consistencia.....	73
Anexo 02: Instrumento de recolección de datos.....	74
Anexo 03: Base de datos	79
Anexo 04: Evidencia de similitud digital.....	80
Anexo 05: Autorización de publicación en repositorio	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Lixiviación Cil Para Concentrados De Oro y/o Plata.....</i>	33
Figura 2. <i>Esquema de proceso de obtención de metales por lixiviación en tanque agitado y electro-obtención.</i>	34
Figura 3 <i>Frecuencia de la variable independiente automatización del control de las celdas de riego.....</i>	47
Figura 4. <i>Frecuencia de la dimensión control automático del flujo de riego</i>	48
Figura 5. <i>Frecuencia de la dimensión monitoreo automatizado del proceso</i>	49
Figura 6. <i>Frecuencia de la dimensión sistema automatizado de control.....</i>	50
Figura 7. <i>Frecuencia de la dimensión automatización del proceso de riego</i>	51
Figura 8. <i>Frecuencia de la variable dependiente productividad del proceso de recuperación de oro y plata</i>	52
Figura 9. <i>Frecuencia de la dimensión rendimiento del proceso</i>	53
Figura 10. <i>Frecuencia de la dimensión medidas mínimas de seguridad</i>	54
Figura 11. <i>Frecuencia de la dimensión tiempo de ciclo</i>	55
Figura 12. <i>Frecuencia dimensión producción obtenida</i>	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	23
Tabla 2. <i>Juicio de Expertos</i>	43
Tabla 3. <i>Estadística de fiabilidad</i>	45
Tabla 4. <i>Frecuencia de la variable independiente automatización del control de las celdas de riego</i>	47
Tabla 5. <i>Frecuencia de la dimensión control automático del flujo de riego</i>	48
Tabla 6. <i>Frecuencia de la dimensión monitoreo automatizado del proceso</i>	49
Tabla 7. <i>Frecuencia de la dimensión sistema automatizado de control</i>	50
Tabla 8. <i>Frecuencia de la dimensión automatización del proceso de riego</i>	51
Tabla 9. <i>Frecuencia de la variable dependiente productividad del proceso de recuperación de oro y plata</i>	52
Tabla 10. <i>Frecuencia de la dimensión rendimiento del proceso</i>	53
Tabla 11. <i>Frecuencia de la dimensión medidas mínimas de seguridad</i>	54
Tabla 12. <i>Frecuencia de la dimensión tiempo de ciclo</i>	55
Tabla 13. <i>Frecuencia dimensión producción obtenida</i>	56
Tabla 14. <i>Prueba de Kolmogorov-Smirnov</i>	57
Tabla 15. <i>Contrastación de hipótesis general</i>	58
Tabla 16. <i>Contrastación de hipótesis específica 1</i>	59
Tabla 17. <i>Contrastación de hipótesis específica 2</i>	60
Tabla 18. <i>Contrastación de hipótesis específica 3</i>	61
Tabla 19. <i>Contrastación de hipótesis específica 4</i>	62

RESUMEN

La investigación presentada tuvo como objetivo principal “Determinar cómo la automatización del control de las celdas de riego impacta la productividad en el proceso de recuperación de oro y plata en una empresa minera para el año 2025.”

La metodología utilizada fue de tipo aplicada, con un diseño no experimental y un enfoque descriptivo correlacional. La población estudiada consistió en 60 empleados, de los cuales se tomó una muestra de 53 trabajadores de la planta concentradora de la empresa minera. Se implementó la técnica de encuesta, utilizando un cuestionario como instrumento para la recolección de datos.

Para el análisis y procesamiento de los datos, se emplearon los programas Microsoft Excel y SPSS. Se realizó un análisis de confiabilidad mediante el coeficiente alfa de Cronbach, que permitió evaluar la fiabilidad de las variables; el resultado obtenido fue 0.904, considerado excelente ya que supera el umbral mínimo aceptable de 0.7.

A partir de los resultados, se concluyó que existe evidencia de una correlación con un coeficiente $\rho = 0.704$, con un nivel significativo $p = 0.000 (< 0.01)$ y un tamaño muestral $N = 53$. Este valor del coeficiente sugiere una fuerte correlación positiva, indicando que a medida que mejora la automatización del control en las celdas de riego, también se incrementa la productividad en el proceso de recuperación tanto del oro como de la plata.

Palabras clave: Automatización industrial; Productividad minera; Lixiviación; Control automático; Recuperación de oro; Sistema SCADA.

ABSTRACT

The present research aimed to determine how the automation of irrigation cell control impacts productivity in the gold and silver recovery process at minera for the year 2025.

The methodology employed was applied research, with a non-experimental design and a descriptive–correlational approach. The study population consisted of 60 employees, from which a sample of 53 workers from the concentrator plant of the mining company was selected. The survey technique was implemented, using a structured questionnaire as the data collection instrument.

For data analysis and processing, Microsoft Excel and SPSS software were used. A reliability analysis was conducted using Cronbach’s alpha coefficient to assess the internal consistency of the variables. The obtained result was 0.904, which is considered excellent as it exceeds the minimum acceptable threshold of 0.7.

Based on the findings, it was concluded that there is evidence of a correlation with a coefficient of $\rho = 0.704$, a significance level of $p = 0.000 (< 0.01)$, and a sample size of $N = 53$. This coefficient value indicates a strong positive correlation, suggesting that as the automation of irrigation cell control improves, productivity in the gold and silver recovery process also increases.

Keywords: Industrial automation; Mining productivity; Heap leaching; Automatic control; Gold recovery; SCADA system.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La industria minera global enfrenta actualmente grandes desafíos relacionados con la productividad y eficiencia de sus procesos operativos, especialmente en las etapas de concentración y recuperación de minerales valiosos como el oro y la plata. La falta de sistemas de control automatizados integrales en ciertas operaciones clásicas de minería y procesamiento provoca ineficiencias operativas, desperdicio de insumos y menor rendimiento del proceso, lo que afecta directamente la productividad y competitividad de las empresas del sector Osman (2021).

En este contexto, la automatización y digitalización de procesos mineros se han convertido en factores críticos para mejorar la eficiencia operativa, reducir errores humanos y aumentar la producción total de mineral recuperado. La adopción de tecnologías de automatización, tales como sensores inteligentes, sistemas de control distribuido (DCS), PLC y SCADA, permite monitorear variables críticas en tiempo real, tomar decisiones oportunas y optimizar los parámetros de operación, lo que contribuye a una mayor estabilidad del proceso y a la extracción de mayores cantidades de mineral valioso por unidad de tiempo Minera (2025).

Además, la integración de tecnologías avanzadas dentro del marco de la transformación digital y la Industria 4.0 impulsa una nueva etapa de minería inteligente, donde sistemas automatizados proporcionan datos operativos útiles para la gestión, planificación y mejora continua. Esta tendencia no solo se traduce en mayor productividad y eficiencia energética, sino también en una operación más segura y sostenible, aspectos cada vez más demandados por los mercados globales y las regulaciones ambientales Jämsä & Baiden (2023).

Así, la problemática central radica en que muchas minas tradicionales aún operan con sistemas de control parcial o manual, lo que limita la posibilidad de estandarizar, optimizar y mejorar los resultados de recuperación, así como de reducir costos y tiempos de operación frente a competidores que ya han avanzado en la automatización de sus procesos productivos.

En América, la minería enfrenta una transición obligada hacia la digitalización y automatización de procesos productivos debido a presiones competitivas, exigencias regulatorias y la disminución de leyes de mineral, lo que hace imperativo maximizar la eficiencia operativa y la productividad. La automatización emerge como un elemento estratégico para optimizar operaciones, reducir tiempos inactivos y controlar procesos complejos en tiempo real, aplicable a actividades tan delicadas como el control de celdas de riego en procesos de lixiviación para recuperación de oro y plata iSE-Academy (2026).

La región latinoamericana, con países como Perú, México y Chile a la vanguardia, ha empezado a implementar tecnologías automatizadas que permiten monitorear y controlar variables críticas del proceso, contribuyendo a elevar la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones mineras. Sin embargo, esta adopción no es homogénea y enfrenta barreras como la brecha de talento digital, limitaciones de infraestructura y altos costos de inversión inicial, lo cual ralentiza la extensión de sistemas automatizados a procesos específicos como las celdas de riego utilizadas en la lixiviación del mineral iSE-Academy (2026).

En el contexto del tratamiento de minerales, se ha observado que la implementación de sistemas automatizados y de análisis de datos (por ejemplo, machine learning aplicado a procesos de lixiviación) proporciona herramientas de predicción y ajuste óptimo de parámetros operacionales, lo que puede traducirse en mejoras

significativas en la recuperación de metales valiosos como el oro y la plata, especialmente en condiciones de variabilidad mineralógica y de operación compleja Osman (2021); además apoyado por casos de optimización de recuperación mediante modelos predictivos.

No obstante, en muchas minas de América Latina aún persisten sistemas de control parcial, manuales o desarticulados, lo que resulta en desperdicio de insumos, tiempos de producción ineficientes y menor rendimiento de lixiviación, limitando la productividad y aumentando los costos operativos frente a competidores que sí han consolidado tecnologías de automatización avanzada Osman (2021)

La problemática se agrava cuando se considera la necesidad de una integración avanzada de datos (IoT, análisis predictivo e inteligencia artificial) para el control automatizado de procesos como el riego de celdas de lixiviación, ya que sin estos sistemas integrados se dificulta el monitoreo continuo y la reacción oportuna ante variaciones operacionales que pueden afectar directamente la recuperación de minerales y la productividad general de la planta. Por tanto, la automatización del control de celdas de riego representa no solo una oportunidad de mejora operativa, sino una necesidad para garantizar competitividad, sostenibilidad y eficiencia en la industria minera americana.

En América Latina, la industria minera enfrenta el desafío de modernizar y automatizar sus procesos de producción para mantener la competitividad y mejorar la eficiencia operativa. Una de las áreas críticas es el control de las celdas de riego en procesos de lixiviación para la recuperación de oro y plata, donde un control manual o parcialmente automatizado puede generar ineficiencias operativas, variabilidad en la recuperación metalúrgica y mayores costos García & Torres (2023).

La automatización del control de las celdas de riego permite un monitoreo continuo y preciso de variables clave (como tasa de riego, concentración de reactivos y condiciones ambientales), lo que reduce la dependencia de decisiones subjetivas y mejora la estabilidad del proceso; sin embargo, en gran parte de las operaciones mineras latinoamericanas este nivel de automatización aún no está completamente implementado debido a limitaciones tecnológicas, brechas de conocimiento digital y costos de inversión elevados García & Torres (2023).

Esta brecha tecnológica no solo afecta la productividad y recuperación metalúrgica de procesos complejos, sino que también genera desperdicio de insumos, paradas no planificadas y fallas operativas que impactan negativamente los resultados económicos de las empresas mineras. Estudios recientes señalan que aquellos casos donde se han implementado sistemas automatizados de control han observado mejoras significativas en la recuperación de metales valiosos, reducción de variabilidad operativa y mayor consistencia en los resultados de producción López (2024).

Así, la problemática principal radica en que muchas minas en América Latina operan aún con sistemas convencionales o semi automatizados, lo cual limita su capacidad de respuesta ante variaciones de proceso y dificulta alcanzar niveles óptimos de productividad en el proceso de recuperación de oro y plata. La automatización del control de celdas de riego, por ende, representa una oportunidad estratégica para elevar la eficiencia y la sostenibilidad operativa, siempre que se superen las barreras tecnológicas, organizacionales y económicas que obstaculizan su adopción generalizada.

En el contexto de la minería peruana, la adopción de tecnologías de automatización y control de procesos es una tendencia creciente que busca enfrentar desafíos operativos y mejorar la productividad en las etapas de recuperación de minerales

valiosos como el oro y la plata. A pesar de la importancia estratégica del sector para la economía nacional, que representa una proporción significativa del PIB y la producción de metales preciosos, muchas operaciones todavía presentan limitaciones en el control de variables críticas de procesos como las celdas de riego en lixiviación, lo que impacta negativamente en la eficiencia del proceso y en los resultados metalúrgicos OCEX (2019).

Estudios recientes realizados en el Perú evidencian que la falta de automatización avanzada en las celdas de lixiviación donde se aplica la solución lixivante para extraer el oro de las pilas de mineral puede conducir a aplicaciones uniformes e imprecisas del reactivo, incrementando la variabilidad operativa y reduciendo la eficiencia en la recuperación de metales. La implementación de sistemas de riego diferenciado y control de procesos basado en instrumentación y sensores, por el contrario, permite ajustar dinámicamente el flujo y concentración de reagentes según las condiciones de cada celda, lo que puede mejorar la eficiencia de lixiviación y reducir el consumo de reactivos sin comprometer la recuperación metalúrgica.

Sin embargo, la principal barrera para la adopción de estos sistemas automatizados en la minería peruana es la brecha tecnológica y organizacional, junto con restricciones de inversión y capacidades locales para integrar soluciones de control avanzado. Esto limita la capacidad de muchas empresas de estandarizar y optimizar procesos de lixiviación, lo que repercute en la productividad general de las operaciones, y puede resultar en menores tasas de recuperación de oro y plata en comparación con minas que han adoptado tecnologías de automatización más sofisticadas Andía (2024).

En síntesis, la problemática en el Perú radica en que, pese a los beneficios potenciales de los sistemas automatizados para el control preciso de variables operativas,

su adopción aún es limitada, afectando la capacidad de las empresas para maximizar la eficiencia de recuperación metalúrgica y aumentar la productividad, en un contexto donde la disminución de leyes de mineral y la demanda por mayores estándares de desempeño industrial son cada vez más exigentes.

En el contexto de la minería peruana, la adopción de tecnologías de automatización y control de procesos es una tendencia creciente que busca enfrentar desafíos operativos y mejorar la productividad en las etapas de recuperación de minerales valiosos como el oro y la plata. A pesar de la importancia estratégica del sector para la economía nacional, que representa una proporción significativa del PIB y la producción de metales preciosos, muchas operaciones todavía presentan limitaciones en el control de variables críticas de procesos como las celdas de riego en lixiviación, lo que impacta negativamente en la eficiencia del proceso y en los resultados metalúrgicos OCEX (2019).

Estudios r lixiviante para extraer el oro de las pilas de mineral– puede conducir a aplicaciones uniformes e imprecisas del reactivo, incrementando la variabilidad operativa y reduciendo la eficiencia en la recuperación de metales. La implementación de sistemas de riego diferenciado y control de procesos basado en instrumentación y sensores, por el contrario, permite ajustar dinámicamente el flujo y concentración de reagentes según las condiciones de cada celda, lo que puede mejorar la eficiencia de lixiviación y reducir el consumo de reactivos sin comprometer la recuperación metalúrgica.

Sin embargo, la principal barrera para la adopción de estos sistemas automatizados en la minería peruana es la brecha tecnológica y organizacional, junto con restricciones de inversión y capacidades locales para integrar soluciones de control avanzado. Esto limita la capacidad de muchas empresas de estandarizar y optimizar procesos de

lixiviación, lo que repercute en la productividad general de las operaciones, y puede resultar en menores tasas de recuperación de oro y plata en comparación con minas que han adoptado tecnologías de automatización más sofisticadas Andía (2024)

La problemática en el Perú radica en que, pese a los beneficios potenciales de los sistemas automatizados para el control preciso de variables operativas, su adopción aún es limitada, afectando la capacidad de las empresas para maximizar la eficiencia de recuperación metalúrgica y aumentar la productividad, en un contexto donde la disminución de leyes de mineral y la demanda por mayores estándares de desempeño industrial son cada vez más exigentes.

En el contexto de la minería peruana, y particularmente en el caso de Minera Laguna Sur., la eficiencia y productividad del proceso de recuperación de oro y plata dependen en gran medida del control operativo de variables críticas, entre las cuales se encuentran las condiciones de riego en las celdas de lixiviación. El riego de soluciones lixiviantes es un proceso determinante para asegurar una distribución uniforme y óptima del reactivo, lo que a su vez influye directamente en las tasas de recuperación metalúrgica y en la consistencia operativa de la planta Carmona & Pérez (2021).

Sin embargo, en muchas operaciones mineras tradicionales del país —incluidas algunas etapas del proceso en Laguna Sur el control de celdas de riego sigue siendo parcial o manual, lo cual limita la capacidad de ajustar dinámicamente los parámetros de operación ante variaciones de mineralogía o condiciones ambientales. Esto conlleva a ineficiencias en la recuperación de oro y plata, altos consumos de reactivos y menor productividad global, afectando el desempeño económico y competitivo de la empresa García & Rodríguez (2023).

La automatización del control de celdas de riego representa una herramienta clave para enfrentar estas limitaciones, ya que sistemas basados en sensores electrónicos, controladores lógicos programables (PLC) y tecnologías SCADA permiten monitorear en tiempo real el flujo de lixiviación, detectando desviaciones y aplicando ajustes automáticos sin intervención humana constante. Estudios similares han demostrado que la integración de control automatizado puede conducir a mejoras significativas en la eficiencia del proceso y en la recuperación metalúrgica, al reducir la variabilidad operativa y optimizar los recursos utilizados Vargas (2022).

Pese al potencial de estas tecnologías, uno de los principales retos en Minera Lagunas Sur. es la brecha en adopción tecnológica y en capacitación del personal para operar y mantener sistemas de control avanzado, así como la inversión requerida para modernizar equipos y sistemas existentes. Esta situación limita la plena integración de soluciones automatizadas en las celdas de riego y, por ende, la posibilidad de alcanzar niveles óptimos de productividad en el proceso de recuperación de metales preciosos en comparación con estándares internacionales de excelencia operativa Carmona & Pérez (2021).

La automatización del control de las celdas de riego representa una oportunidad estratégica para elevar la productividad y eficiencia del proceso de recuperación de oro y plata en Minera Lagunas Sur S.A., siempre que se atiendan las barreras tecnológicas, organizacionales y de inversión que hoy limitan su implementación plena.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Delimitación del problema

Espacial

La investigación se llevó a cabo en la empresa Minera Laguna Sur en el Distrito de Quiruvilca Provincia de Santiago de Chuco Departamento de la Libertad.

Temporal

El periodo del segundo semestre del año 2025.

1.2.2. Problema general

¿De qué manera la automatización del control de las celdas de riego influye en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en Minera Laguna Sur S.A. 2025?

1.2.3. Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye la automatización del control del flujo de riego en el rendimiento del proceso de recuperación de oro y plata?
- b) ¿De qué manera la automatización del monitoreo de las celdas de riego influye en la eficiencia operativa del proceso?
- c) ¿Cómo influye la automatización del sistema de control en el tiempo de ciclo del proceso de recuperación?
- d) ¿De qué manera la automatización del control de las celdas de riego influye en la producción obtenida?

1.3. Hipótesis de la investigación

1.3.1. Hipótesis general

La automatización del control de las celdas de riego influye significativamente en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en Minera Laguna Sur S.A. 2025.

1.3.2. Hipótesis específicas

- a) La automatización del control del flujo de riego influye positivamente en el rendimiento del proceso de recuperación de oro y plata.
- b) La automatización del monitoreo de las celdas de riego influye significativamente en la eficiencia operativa del proceso.
- c) La automatización del sistema de control reduce significativamente el tiempo de ciclo del proceso de recuperación de oro y plata.
- d) La automatización del control de las celdas de riego influye positivamente en la producción obtenida del proceso de recuperación.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la automatización del control de las celdas de riego en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en Minera Laguna Sur S.A. 2025.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar la influencia de la automatización del control del flujo de riego en el rendimiento del proceso de recuperación de oro y plata
- b) Analizar la influencia de la automatización del monitoreo de las celdas de riego en la eficiencia operativa del proceso.
- c) Determinar la influencia de la automatización del sistema de control en el tiempo de ciclo del proceso de recuperación de oro y plata.
- d) Evaluar la influencia de la automatización del control de las celdas de riego en la producción obtenida del proceso de recuperación.

1.5. Variables, dimensiones e indicadores

1.5.1. Variable independiente

- ✓ Automatización del control de las celdas de riego

1.5.2. Variables dependientes

- ✓ Productividad del proceso de recuperación de oro y plata

1.5.3. Dimensiones

- ✓ Control automático del flujo de riego
- ✓ Monitoreo automatizado del proceso
- ✓ Sistema automatizado de control
- ✓ Automatización del proceso de riego
- ✓ Rendimiento del proceso
- ✓ Eficiencia operativa
- ✓ Tiempo de ciclo
- ✓ Producción obtenida

1.5.4. Indicadores de las variables

- ✓ Caudal controlado
- ✓ Frecuencia de monitoreo
- ✓ Tiempo de respuesta
- ✓ Nivel de automatización
- ✓ Porcentaje de recuperación
- ✓ Uso óptimo de recursos
- ✓ Duración del proceso
- ✓ Toneladas procesadas

1.5.5 Operacionalización de variables

Tabla 1.

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Automatización del control de las celdas de riego	Control automático del flujo de riego	Caudal controlado	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indiferente De acuerdo Totalmente de acuerdo
	Monitoreo automatizado del proceso	Frecuencia de monitoreo	
	Sistema automatizado de control	Frecuencia de monitoreo	
	Automatización del proceso de riego	Tiempo de respuesta	
Productividad del proceso de recuperación de oro y plata	Rendimiento del proceso	Porcentaje de recuperación	Totalmente de acuerdo En desacuerdo Indiferente De acuerdo Totalmente de acuerdo
	Eficiencia operativa	Uso óptimo de recursos	
	Tiempo de ciclo	Duración del proceso	
	Producción obtenida	Toneladas procesadas	

Fuente: Elaboración propia

1.6. Justificación del estudio

1.6.1. Justificación teórica

La presente investigación se justifica teóricamente porque contribuye al fortalecimiento del marco conceptual relacionado con la automatización industrial, el control de procesos y la productividad en operaciones mineras, particularmente en el contexto de los procesos hidrometalúrgicos de recuperación de oro y plata.

Desde el enfoque de la Ingeniería Industrial, la automatización constituye un pilar fundamental para la optimización de procesos productivos, ya que permite reducir la variabilidad operativa, mejorar la precisión en el control de variables críticas y aumentar la eficiencia global del sistema. En el caso específico de la lixiviación en pilas, el control del riego representa una variable determinante en el desempeño

metalúrgico, debido a su influencia directa en la disolución del metal y en la recuperación final del oro y la plata.

La investigación aporta evidencia empírica que permite analizar la relación entre la automatización del control de las celdas de riego y los principales indicadores de productividad, tales como rendimiento del proceso, eficiencia operativa, tiempo de ciclo y producción obtenida. De esta manera, el estudio amplía el conocimiento existente sobre cómo la integración tecnológica y los sistemas automatizados impactan en la mejora del desempeño productivo en el sector minero.

Asimismo, el trabajo contribuye al desarrollo teórico en el ámbito de la gestión de operaciones, al validar la aplicación de modelos de automatización y control en procesos metalúrgicos reales, proporcionando fundamentos para futuras investigaciones relacionadas con Industria 4.0, mantenimiento predictivo, optimización de procesos y transformación digital en minería.

La investigación no solo fortalece el sustento conceptual de la automatización aplicada a procesos de recuperación metalúrgica, sino que también genera conocimiento científico que puede ser replicado y contrastado en otras operaciones mineras, ampliando así el marco teórico de la productividad industrial en el sector extractivo.

1.6.2. Justificación practica

La presente investigación se justifica desde el punto de vista práctico porque aborda una problemática operativa real en el proceso de recuperación de oro y plata, relacionada con la eficiencia y control del sistema de riego en las celdas de lixiviación. En operaciones mineras, la variabilidad en la distribución de la solución lixivante puede generar pérdidas de recuperación metalúrgica, tiempos improductivos y uso ineficiente de recursos, afectando directamente la productividad.

La implementación y fortalecimiento de la automatización del control de las celdas de riego permite optimizar parámetros críticos como el caudal, la presión y la frecuencia de riego, garantizando una distribución uniforme de la solución y una mayor estabilidad del proceso hidrometalúrgico. En consecuencia, los resultados de esta investigación proporcionan información técnica que puede ser utilizada por la empresa para mejorar la toma de decisiones operativas y estratégicas.

Asimismo, el estudio ofrece una base objetiva para la formulación de planes de mejora tecnológica, inversión en sistemas automatizados, modernización de equipos y capacitación del personal, contribuyendo a la reducción de fallas operativas, disminución de tiempos muertos y aumento de la producción obtenida.

Desde una perspectiva empresarial, la aplicación de los resultados permitirá fortalecer la competitividad de la organización, optimizar el uso de recursos y maximizar la recuperación de metales preciosos, lo que se traduce en beneficios económicos y sostenibilidad productiva.

En ese sentido, la investigación no solo aporta conocimiento teórico, sino que genera una herramienta práctica de mejora continua aplicable directamente en la operación minera, con impacto tangible en la productividad y eficiencia del proceso.

1.7. Antecedentes nacionales e internacionales

1.7.1. Antecedentes nacionales

Avila (2024) El objetivo de la investigación fue determinar la recuperación eficiente de onzas de oro a partir de los ripios del pad de lixiviación, con la finalidad de aumentar la producción de una empresa minera ubicada en la región La Libertad, ante la escasez de mineral oxidado de alta ley

La investigación se desarrolló mediante ensayos metalúrgicos en columnas y optimización de los parámetros del proceso de lixiviación en pilas, evaluando la

ley promedio del oro presente en los rípios, la tasa de recuperación y el reprocesamiento de grandes volúmenes de material lixiviado mediante solución cianurada. Asimismo, se realizó un análisis económico-financiero para evaluar la viabilidad del proyecto, utilizando indicadores como VAN y TIR

Los resultados evidenciaron una ley promedio de 1,26 g/t de oro y una tasa de recuperación del 74,12 %, lo que permitió estimar la recuperación de 19 472,97 onzas adicionales de oro a partir de 651 264 toneladas de rípios. Las pruebas metalúrgicas mostraron una solución promedio de 0,18 g/m³ de oro tras la percolación. Económicamente, el proyecto alcanzó un VAN de USD 24 195 125 y una TIR de 54,43 %, demostrando un alto nivel de rentabilidad

Se concluye que la recuperación de oro a partir de rípios del pad de lixiviación es técnica y económicamente viable, permitiendo incrementar significativamente la producción de oro de la empresa minera. La optimización del proceso de lixiviación y el reprocesamiento de rípios constituyen una alternativa eficiente y rentable frente a la disminución de mineral de alta ley, contribuyendo a la sostenibilidad productiva de la operación minera.

(Mantilla, 2025) El objetivo de la investigación fue determinar y cuantificar el beneficio económico del uso de pads de lixiviación dinámicos en la Unidad Minera El Toro, ubicada en Huamachuco – La Libertad, comparándolos con los sistemas de lixiviación tradicionales o estáticos, considerando los costos operativos, la recuperación de metales preciosos y la eficiencia del proceso de lixiviación.

La metodología consistió en un análisis técnico económico del proceso de lixiviación, evaluando la recuperación metalúrgica, los tiempos de lixiviación, el remanejo del material en pads dinámicos y los costos operativos asociados. Asimismo, se emplearon indicadores financieros como el Valor Actual Neto

(VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Análisis Costo/Beneficio (ACB) y el punto de equilibrio, con el fin de validar la viabilidad económica del sistema de pads dinámicos frente a los pads estáticos.

Los resultados demostraron que los pads de lixiviación dinámicos alcanzaron una recuperación promedio de oro del 86%, superando significativamente el 72% obtenido con pads estáticos, lo que representa un incremento del 14% en la recuperación mineralógica. Desde el punto de vista económico, se obtuvieron valores favorables de $VAN = \text{USD } 40\,435\,613,83$, $TIR = 25,43\%$ y $ACB = 1,1$, evidenciando una alta rentabilidad del sistema propuesto (Mantilla Murga, 2025)

Se concluye que la implementación de pads de lixiviación dinámicos es técnica y económicamente viable, ya que mejora significativamente la recuperación de oro y reduce los tiempos de lixiviación, generando un mayor beneficio económico en comparación con los pads estáticos. Asimismo, se valida la hipótesis de que el beneficio económico está directamente relacionado con el aprovechamiento óptimo de la ley, la recuperación mineralógica, la cantidad de material procesado y el tiempo de lixiviación.

Mora & Aldave (2024) El objetivo de la investigación fue establecer el control estadístico en la flotación de minerales auríferos y plata, mediante la determinación de límites de control operacional en la planta de beneficio Nueva Esperanza S.A.C., con la finalidad de evaluar y controlar las principales variables del proceso metalúrgico.

La investigación fue de tipo no experimental y transversal, desarrollada en la planta de beneficio Nueva Esperanza S.A.C. La metodología consistió en la recolección de datos operacionales durante dos meses, en turnos diurnos y

nocturnos, obteniéndose 61 registros de variables como densidad de pulpa (alimentación, descarga y rebose), porcentaje pasante a malla -200, leyes de cabeza, concentrado y relave. Los datos fueron procesados mediante Excel y Minitab, aplicando cartas de control estadístico y análisis de varianza (ANOVA) para determinar los parámetros de control operacional.

Los resultados evidenciaron que la densidad de pulpa en flotación, el porcentaje pasante a malla -200 y la ley de cabeza del oro cumplen con los criterios de aceptación, presentando valores de Pp y Ppk mayores a 1. Sin embargo, las leyes de cabeza de plata y cobre no cumplieron dichos criterios, al presentar valores de Pp y Ppk menores a 1. En los productos finales, las leyes de oro, plata y la recuperación de oro cumplieron los parámetros de aceptación, mientras que las leyes de cobre en concentrado, las leyes de relave de oro, plata y cobre, así como la recuperación de plata y cobre, no alcanzaron los valores aceptables.

Se concluye que las variables densidad de pulpa, porcentaje -200, ley de cabeza de oro, ley de concentrado de oro y plata, y la recuperación de oro influyen directamente en los parámetros de control operacional del proceso de flotación. Por el contrario, las leyes de cabeza de plata y cobre, las leyes de concentrado de cobre, las leyes de relave de oro, plata y cobre, así como la recuperación de plata y cobre, no influyen de manera significativa en los parámetros de control establecidos.

1.7.2. Antecedentes internacionales

Mathioudakis, Xiroudakis, Petrakis, & Manoutsoglou (2023) El objetivo del artículo fue presentar una revisión integral y cronológica de la evolución de las tecnologías de minería aurífera aluvial, desde la antigüedad hasta la actualidad, analizando su importancia histórica, tecnológica y económica en el desarrollo de la minería del oro.

La metodología empleada corresponde a una revisión bibliográfica de tipo histórico-descriptiva, basada en el análisis de fuentes documentales y estudios técnicos que abarcan distintos periodos históricos, desde las primeras prácticas de extracción en Anatolia y Grecia antiguas, pasando por el Imperio Romano, el Renacimiento y la era de la fiebre del oro, hasta las tecnologías modernas de minería aluvial.

Los resultados muestran que las tecnologías de minería aurífera aluvial han evolucionado progresivamente, desde métodos primitivos de recuperación de partículas finas en ríos, como los asociados al mito del Vello de Oro, hasta técnicas más avanzadas como la minería hidráulica romana, el uso de bombas mecánicas en el Renacimiento, y los desarrollos tecnológicos introducidos durante la fiebre del oro de los siglos XIX y XX. Asimismo, se evidencia que las tecnologías modernas presentan una mayor eficiencia y control del proceso extractivo.

Se concluye que el conocimiento histórico de la evolución de las tecnologías de minería aluvial resulta fundamental para comprender el desarrollo actual de los métodos de extracción de oro y para orientar futuras mejoras tecnológicas. La revisión demuestra que la innovación tecnológica ha sido un factor clave en la optimización de la recuperación de oro y en la adaptación de las técnicas extractivas a distintos contextos históricos y geográficos.

Shamsuddoha, Kaibaliev, & Nasir (2025) El objetivo del estudio fue analizar cómo la incorporación de tecnologías avanzadas y la optimización de los procesos logísticos pueden mejorar la eficiencia, productividad y sostenibilidad de la producción de oro en países de Asia Central, con énfasis en el caso de Kirguistán.

La investigación empleó un enfoque de estudio de caso, combinando entrevistas cualitativas con actores del sector minero y el uso de un modelo de

simulación de dinámica de sistemas (System Dynamics), con el fin de comparar las operaciones actuales con un escenario basado en la adopción de tecnologías innovadoras, tales como inteligencia artificial, logística inteligente y procesamiento regional del oro.

Los resultados del modelo de simulación evidenciaron mejoras significativas en el desempeño del proceso productivo, destacando una reducción aproximada del 25 % en el tiempo de transporte, una disminución del 30 % en el tiempo de inactividad de los equipos, una reducción del 30 % en las emisiones contaminantes y un incremento del 15 % en la extracción de oro, como consecuencia de la implementación de tecnologías innovadoras y logística digitalizada.

El estudio concluye que la modernización tecnológica, la localización del procesamiento del mineral y la inversión en sistemas logísticos digitales son estrategias clave para lograr una minería del oro más sostenible y eficiente. Asimismo, se resalta la necesidad de integrar inteligencia artificial, automatización y logística inteligente para mejorar el desempeño operativo y ambiental del sector aurífero en Asia Central.

Nava & Bazan (2021) El objetivo del estudio fue analizar cómo los factores globales, regionales y a nivel de empresa interactúan para explicar el desarrollo de capacidades innovadoras de los proveedores locales dentro de las cadenas globales de valor (GVC) de la minería en Brasil, con énfasis en el sector del cobre y en la integración de proveedores nacionales en dichas cadenas

La investigación utilizó un marco conceptual que combina la literatura sobre innovación y cadenas globales de valor, apoyándose en datos primarios recolectados en 2019 y en fuentes secundarias de Brasil. El estudio se basó en el

análisis empírico de proveedores mineros locales, considerando factores institucionales, organizacionales y de gobernanza que influyen en la adquisición de capacidades innovadoras.

Las estrategias empleadas por proveedores nacionales para desarrollar soluciones innovadoras para grandes empresas mineras.

El papel de las preocupaciones en salud y seguridad como catalizadores de innovación tras los desastres de Mariana y Brumadinho.

La existencia de capacidades de innovación “nuevas para el mundo” entre proveedores brasileños del sector minero.

Las principales barreras que enfrentan los proveedores locales para desarrollar e implementar prácticas innovadoras en mercados locales e internacionales.

Se concluye que, pese a la existencia de capacidades innovadoras relevantes entre los proveedores brasileños, persisten limitaciones estructurales y de gobernanza dentro de las cadenas de valor mineras que dificultan la explotación de dichas innovaciones. En consecuencia, el estudio propone la implementación de políticas públicas orientadas a fortalecer la vinculación entre grandes empresas mineras y proveedores locales, con el fin de mejorar la competitividad, innovación y sostenibilidad de la cadena de valor minera en Brasil.

1.8. Marco teórico

1.8.1. Automatización del control de celdas de riego

Automatización de procesos industriales

La automatización de procesos industriales se refiere a la implementación de tecnologías, sistemas de control y software que permiten gestionar los procesos de producción con poca intervención humana. Este enfoque busca aumentar la

eficiencia, fiabilidad y seguridad en las operaciones (Groover, 2020). En el sector industrial, la automatización facilita la estandarización de tareas, disminuye los errores operativos y mejora la utilización de recursos productivos.

En la industria minera, la automatización cobra especial relevancia debido a la variabilidad de los procesos metalúrgicos y a la necesidad de controlar parámetros críticos en tiempo real para garantizar la estabilidad del proceso Marsden & House (2006).

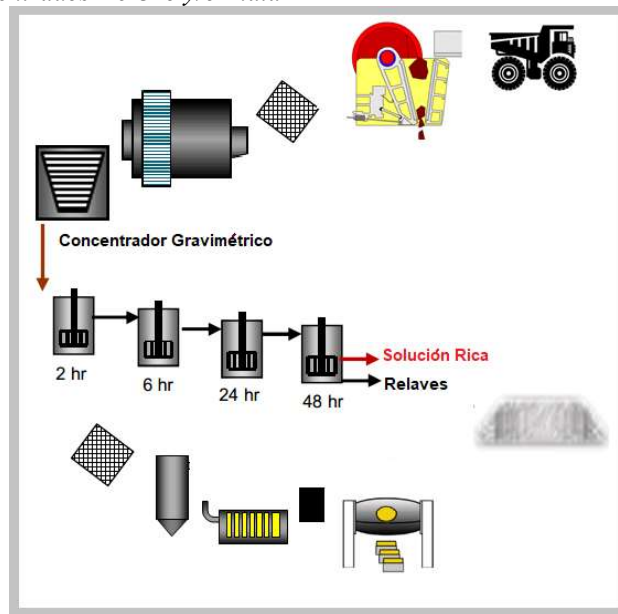
La Productividad del proceso de recuperación de oro y plata es la variable dependiente de esta investigación, la cual se define como el grado de eficiencia y eficacia con la que se obtienen metales preciosos a partir del tratamiento del mineral en las celdas de riego. Esta variable representa el resultado directo de la implementación de mejoras tecnológicas en la planta de lixiviación.

Automatización en procesos de lixiviación

La lixiviación es un proceso hidrometalúrgico en el cual los metales valiosos son disueltos mediante soluciones químicas, siendo el control del riego un factor determinante para la eficiencia del proceso Habashi (2009). La automatización del riego permite regular variables como caudal, presión, tiempo de aplicación y distribución uniforme de la solución lixivante, asegurando condiciones óptimas de recuperación metalúrgica.

Según Marsden & House (2006), la implementación de sistemas automatizados en lixiviación mejora la estabilidad del proceso, reduce pérdidas de solución y optimiza la recuperación de metales preciosos.

Figura 1.
Lixiviación Cil Para Concentrados De Oro y/o Plata



Fuente: Elaboración propia

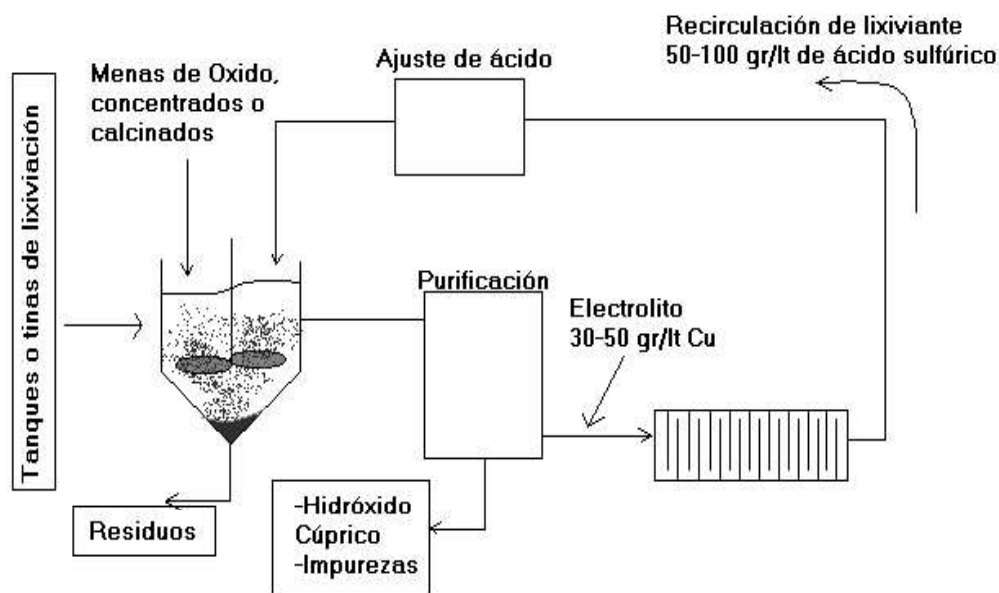
Nivel de automatización

Esta dimensión se define como el grado de autonomía técnica alcanzado en la gestión de la lixiviación, permitiendo que el proceso de riego opere bajo estándares preestablecidos sin depender de la variabilidad humana.

- **Conceptualización:** Representa la escala de madurez tecnológica aplicada a la infraestructura de riego para asegurar una operación constante.
- **Indicador asociado:** Se mide a través del Nivel de automatización implementado en la planta.
- **Objetivo:** Su propósito principal es influir positivamente en la producción obtenida, cuantificada en las toneladas procesadas de mineral.

Figura 2.

Esquema de proceso de obtención de metales por lixiviación en tanque agitado y electro-obtención.



Fuente: Elaboración propia

Control automático del flujo de riego

El control automático del flujo de riego consiste en la regulación precisa del caudal de la solución lixivante mediante válvulas automáticas, sensores de flujo y sistemas de control. Seborg, Edgar, Mellichamp, & Doyle (2017) sostienen que el control automático del caudal permite mantener condiciones estables del proceso, evitando fluctuaciones que afectan el rendimiento metalúrgico.

En la recuperación de oro y plata, un flujo de riego controlado garantiza una distribución uniforme de la solución lixivante, favoreciendo el contacto químico con el mineral y mejorando el rendimiento del proceso Marsden & House (2006).

Monitoreo automatizado del proceso

El monitoreo automatizado del proceso implica la supervisión continua de variables operativas a través de sensores y sistemas de adquisición de datos. Según

Groover (2020), la alta frecuencia de monitoreo permite detectar desviaciones del proceso de forma oportuna y aplicar acciones correctivas inmediatas.

En procesos de lixiviación, el monitoreo constante del riego contribuye a la mejora de la eficiencia operativa y a la estabilidad del proceso de recuperación de metales preciosos Wills & Finch (2016).

Sistema automatizado de control

Un sistema automatizado de control integra dispositivos de campo, controladores lógicos programables (PLC) y sistemas SCADA para la gestión integral del proceso productivo. Romero, Bernus, Noran, Stahre, & Fast-Berglund (2016) señalan que estos sistemas reducen significativamente el tiempo de respuesta ante cambios en las condiciones operativas, incrementando la continuidad y confiabilidad del proceso.

En la recuperación de oro y plata, la reducción del tiempo de respuesta permite ajustes inmediatos en el riego, disminuyendo tiempos muertos y mejorando el desempeño global del proceso Habashi (2019).

Automatización del proceso de riego

La automatización del proceso de riego se refiere al grado en que el riego es gestionado por sistemas automáticos en lugar de procedimientos manuales. Groover (2020) afirma que un mayor nivel de automatización se traduce en mayor repetibilidad, menor error humano y mayor estabilidad operativa.

En minería, la automatización del riego contribuye a incrementar la seguridad laboral, optimizar el uso de insumos y mejorar la productividad del proceso de recuperación Wills & Finch (2016).

1.8.2. Productividad del proceso de recuperación de oro y plata

Concepto de productividad

La productividad se define como la relación entre los resultados obtenidos y los recursos empleados en un proceso productivo Heizer, Render, & Munson, (2020). En Ingeniería Industrial, la productividad es un indicador clave del desempeño operativo y de la competitividad organizacional.

En procesos mineros, la productividad está estrechamente relacionada con la eficiencia del proceso metalúrgico, el uso racional de recursos y la estabilidad de las operaciones Wills & Finch (2016).

La Productividad del proceso de recuperación de oro y plata se conceptualiza como la eficiencia técnica y operativa con la que se transforman los recursos (mineral, insumos y tiempo) en metales preciosos durante la etapa de lixiviación. En el contexto de Minera Lagunas Sur, esta variable representa la capacidad de la planta para maximizar la extracción y minimizar las pérdidas, asegurando el cumplimiento de las metas de producción.

Rendimiento del proceso

El rendimiento del proceso se expresa a través del porcentaje de recuperación del metal valioso. Marsden y House (2006) indican que un mayor porcentaje de recuperación refleja un mejor aprovechamiento del mineral tratado y un mayor desempeño del proceso hidrometalúrgico.

Eficiencia operativa

La eficiencia operativa se refiere al uso racional de recursos como agua, energía, reactivos y mano de obra. Slack, Brandon-Jones, A., & Burgess (2019) sostienen que la eficiencia se logra cuando se minimizan desperdicios, reprocesos y costos innecesarios.

En la lixiviación, la automatización del riego permite optimizar el uso de recursos, contribuyendo a una operación más eficiente y sostenible Habashi (2019).

Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo corresponde al tiempo total requerido para completar el proceso de recuperación. Heizer et al. (2020) señalan que la reducción del tiempo de ciclo incrementa la capacidad productiva y mejora la competitividad del sistema productivo.

Producción obtenida

La producción obtenida se mide mediante la cantidad de material procesado en un periodo determinado. Wills y Finch (2016) indican que el aumento de toneladas procesadas es un reflejo directo de una mejora en la productividad del proceso minero.

1.9. Definición de términos básicos

1.9.1 Automatización

Aplicación de sistemas de control y tecnologías informáticas que permiten operar procesos productivos con mínima intervención humana, mejorando la eficiencia, precisión y confiabilidad de las operaciones Groover (2020).

1.9.2 Automatización del control

Proceso mediante el cual se emplean sistemas automáticos para supervisar y regular variables críticas de un proceso industrial en tiempo real, reduciendo errores humanos y variabilidad operativa Seborg, Edgar, Mellichamp, & Doyle (2017).

1.9.3 Celdas de riego

Secciones del sistema de lixiviación donde se aplica la solución química sobre el mineral para facilitar la disolución de metales preciosos, formando parte del diseño de pads de lixiviación en minería Marsden & House (2006).

1.9.4 Control automático del flujo de riego

Regulación automática del caudal de solución lixivante mediante válvulas y sensores, asegurando estabilidad en el proceso hidrometalúrgico y mejorando el rendimiento metalúrgico Seborg et al. (2017).

1.9.5 Monitoreo automatizado

Supervisión continua de variables del proceso mediante sensores, sistemas de adquisición de datos y plataformas digitales que permiten la detección oportuna de desviaciones operativas Groover (2020).

1.9.6 Sistema automatizado de control (PLC–SCADA)

Conjunto integrado de dispositivos electrónicos y software que permiten controlar, supervisar y gestionar procesos industriales en tiempo real Romero et al. (2016).

1.9.7 Automatización del proceso de riego

Implementación de tecnologías que permiten ejecutar el riego en procesos de lixiviación de manera automática, optimizando la distribución de solución y mejorando la recuperación de metales Habashi (2019).

1.9.8 Productividad

Relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados en un proceso productivo, considerada un indicador clave del desempeño organizacional Heizer, Render & Munson (2020).

1.9.9 Productividad del proceso minero

Capacidad del proceso de recuperación de metales para maximizar resultados (recuperación y producción) utilizando eficientemente recursos y tiempo Wills & Finch (2016).

1.9.10 Rendimiento del proceso

Medida del grado de recuperación del metal valioso respecto al contenido inicial del mineral tratado, generalmente expresada en porcentaje Marsden & House (2006).

1.9.11 Eficiencia operativa

Uso óptimo de recursos productivos minimizando desperdicios, reprocesos y costos innecesarios Slack, Brandon-Jones & Burgess (2019).

1.9.12 Tiempo de ciclo

Tiempo total requerido para completar un proceso productivo desde el inicio hasta la obtención del producto final Heizer et al. (2020).

1.9.13 Producción obtenida

Cantidad de material procesado o metal recuperado en un periodo determinado, indicador directo del nivel productivo del proceso Wills & Finch (2016).

1.9.14 Lixiviación

Proceso hidrometalúrgico mediante el cual los metales valiosos se disuelven a partir del mineral utilizando soluciones químicas, comúnmente cianuración en el caso del oro Habashi (2019).

1.9.15 Recuperación de oro y plata

Proceso metalúrgico mediante el cual los metales preciosos disueltos son extraídos y convertidos en producto comercial, a través de etapas como adsorción, desorción y refinación Marsden & House (2006).

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de la investigación

2.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue aplicada, debido a que busca resolver un problema específico relacionado con la automatización del control de las celdas de riego y su influencia en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata, mediante la implementación de soluciones técnicas basadas en principios científicos previamente desarrollados Ñaupas et al. Ñaupas H. , Valdivia, Palacios, & Romero (2018)

2.1.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue no experimental

"El diseño no experimental es un tipo de investigación en el que no se manipulan deliberadamente las variables independientes, y donde las situaciones se observan tal como son en la realidad" (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 151).

2.1.3. Nivel de la investigación

La investigación fue de nivel descriptivo correlacional.

"El nivel de investigación descriptivo correlacional busca especificar las características importantes de un fenómeno o población y examinar la relación entre dos o más variables dentro de un contexto específico, sin intentar establecer una relación causal directa" (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 92)

2.1.4. Enfoque de la investigación

El enfoque de la tesis fue cuantitativo, "El enfoque cuantitativo de la investigación se caracteriza por emplear la recolección de datos numéricos, el análisis de estos datos mediante procedimientos estadísticos y la intención de generalizar los resultados a partir de muestras representativas" (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 4)

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

"Una población es el conjunto total de casos que concuerdan con una serie de especificaciones" (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 174).

La población está conformada por 60 empleados de la empresa Minera Laguna Sur en el Distrito de Quiruvilca Provincia de Santiago de Chuco Departamento de la Libertad.

2.2.2. Muestra

"Una muestra es un subconjunto representativo de la población, seleccionado de manera que permita hacer inferencias sobre la población completa" (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 174).

La muestra de la presente investigación fue de 53 empleados de la planta empresa Minera Laguna Sur S.A. La libertad.

$$n = \frac{N z_{\alpha/2}^2 P(1-P)}{(N-1)e^2 + z_{\alpha/2}^2 P(1-P)}$$

Donde:

N = Tamaño de la población (60)

Z = Nivel de confianza (1.96)

p = Probabilidad de éxito (0.50)

q = (1 - p) = Probabilidad de fracaso (0.50)

e = Precisión (5%)

n = 53

2.3. Técnicas para la recolección de datos

2.3.1. Técnicas

"Las técnicas de recolección de datos son los procedimientos utilizados para obtener la información necesaria, que pueden incluir encuestas, entrevistas, observaciones, y revisión de documentos, entre otros" (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 203)

2.3.2. Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos son herramientas o dispositivos que los investigadores utilizan para recopilar la información necesaria para un estudio. Estos instrumentos pueden incluir cuestionarios, entrevistas, listas de verificación, escalas de medición, entre otros, y deben ser diseñados cuidadosamente para asegurar que recojan datos precisos y relevantes.

"Los instrumentos de recolección de datos son herramientas específicas que se utilizan para obtener información en una investigación, tales como cuestionarios, entrevistas, listas de cotejo, y escalas de medición" (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 204)

Cuestionario

Un cuestionario es un instrumento de recolección de datos que consiste en una serie de preguntas estructuradas que se presentan por escrito a los participantes de un estudio, con el fin de obtener respuestas sobre temas específicos. Los cuestionarios son comúnmente utilizados en investigaciones cuantitativas para recopilar información de manera sistemática y uniforme.

"Un cuestionario es un conjunto de preguntas diseñadas para ser respondidas por los participantes de manera escrita, con el objetivo de recolectar datos específicos sobre variables de interés en una investigación" (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 208)

2.4 . Validez y confiabilidad de instrumentos

2.4.1. Validez del instrumento

Para la validación de la encuesta, se utilizará el coeficiente Kappa

$$K = P_o - P_e / (1 - P_e)$$

Donde:

P_e = Porcentaje esperado por puro azar

P_o = Porcentaje observado

Para la validación del contenido se aplicó el juicio de tres expertos.

Tabla 2.
Juicio de Expertos

Nº	Expertos	Promedio de ponderación
1	Mg. Corilla Baquerizo, Eduardo Cancio	89 %
2	Mg. Oropeza Gonzales, Joaquín Antonio	89 %
3	Ing. Guzmán Paredes, Jackeline	89 %
Ponderado		89%

Fuente: Elaboración propia

Se utilizó el instrumento para la recolección de datos, la matriz de consistencia, y se proporcionó la ficha de evaluación para el juicio de tres expertos.

2.4.2. Criterio de confiabilidad de instrumento

La confiabilidad del cuestionario fue medida con el coeficiente del Alpha de Cronbach.

$$\alpha = \frac{k}{(k-1)} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_x^2} \right)$$

Donde

k = es el número de ítems

$(\sigma_i)^2$ = varianza de cada ítem

$(\sigma_x)^2$ = varianza del cuestionario total

Según (Ñaupas P. H., Valdivia, Palacios, & Romero, 2018, pág. 278) Un instrumento es calificado como confiable cuando las mediciones permanecen estables a lo largo del tiempo y entre distintos evaluadores. La confiabilidad se relaciona con una prueba que garantiza que los resultados son consistentemente idénticos bajo condiciones iguales o parecidas.

Existen ciertos criterios establecidos para el coeficiente alfa de Cronbach:

- “Coeficiente alfa > 0.9 es excelente
- Coeficiente alfa > 0.8 es bueno
- Coeficiente alfa > 0.7 es aceptable
- Coeficiente alfa > 0.6 es cuestionable
- Coeficiente alfa > 0.5 es pobre
- Coeficiente alfa < 0.5 es inaceptable”.

El coeficiente alfa de Cronbach, también denominado coeficiente alfa, representa una evaluación de la consistencia interna de un conjunto de elementos en un cuestionario o escala de medición.

Este índice fue creado por Lee Cronbach en 1951 y es comúnmente utilizado en investigaciones para medir la fiabilidad de un instrumento. El coeficiente puede oscilar entre 0 y 1; un valor próximo a 1 indica una alta consistencia interna entre los elementos, sugiriendo que todas las preguntas evalúan de manera coherente la misma característica o constructo. (Ñaupas P. H., Valdivia, Palacios, & Romero, 2018, pág. 278)

$$\alpha = \left(\frac{K}{K-1}\right)\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{S_t^2}\right)$$

Donde:

$\sum_{i=1}^K S_i^2$: Suma de las varianzas de cada ítem

S_t^2 : Es la varianza total de filas

K : Es el número total de preguntas o ítems

Resultado del análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach

Tabla 3.
Estadística de fiabilidad

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.904	24

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de fiabilidad alfa de Cronbach se ha evaluado en 0.904, lo que se considera excelente y superior al umbral mínimo aceptable de 0.7. Esto sugiere que las variables son confiables para realizar la investigación.

2.5. Procesamiento y análisis de datos

El análisis y procesamiento de datos abarca las actividades que los investigadores llevan a cabo para estructurar, evaluar e interpretar la información obtenida en un estudio. Este procedimiento implica convertir datos sin procesar en información valiosa mediante el uso de técnicas estadísticas u otros métodos, con el objetivo de responder a las preguntas planteadas en la investigación y validar hipótesis.

"El procesamiento y análisis de datos consiste en la organización, sistematización, y aplicación de técnicas estadísticas a los datos recolectados para

convertirlos en información que permita al investigador responder a las preguntas de investigación y probar hipótesis" (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 281)

2.6. Aspectos éticos

En esta investigación se ha cumplido con las normativas de derechos de autor, utilizando citas textuales y referencias bibliográficas conforme a lo que estipula el formato APA. Además, se siguieron las directrices para la elaboración de una tesis de pregrado original según lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la UPCI.

La ética en la investigación es esencial para asegurar que el proceso se lleve a cabo de manera responsable, respetuosa y considerando a todos los participantes. A continuación, se presentan algunos aspectos éticos clave a tener en cuenta durante la investigación.

El consentimiento informado es un principio fundamental tanto desde el punto de vista ético como legal en la investigación, ya que resguarda los derechos y el bienestar de los participantes. Este principio implica obtener la aprobación voluntaria y consciente de un individuo antes de su inclusión en un estudio.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados descriptivos

Tabla 4.

Frecuencia de la variable independiente automatización del control de las celdas de riego

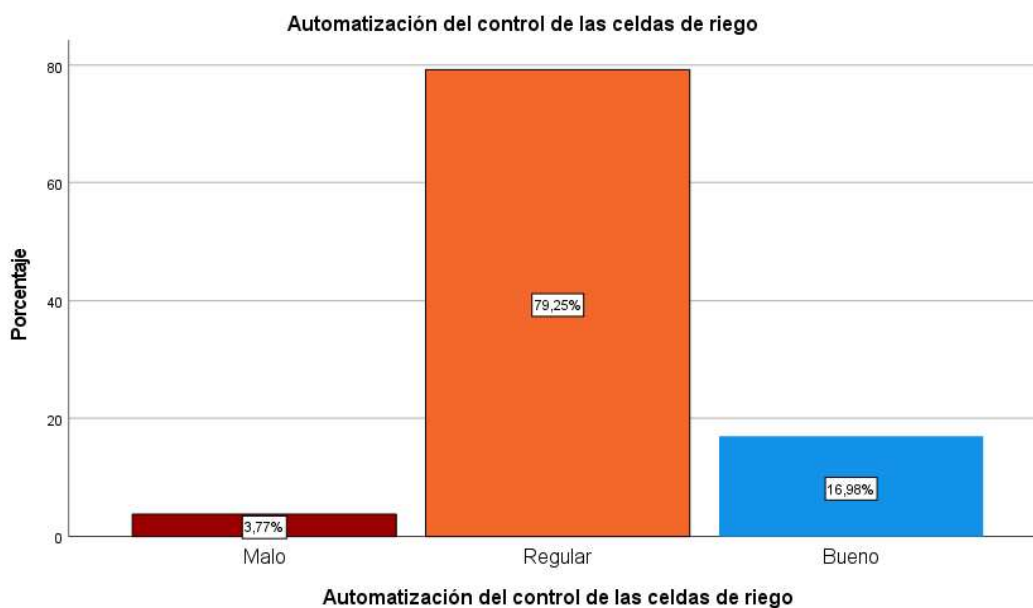
Automatización del control de las celdas de riego					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	2	3,8	3,8	3,8
	Regular	42	79,2	79,2	83,0
	Bueno	9	17,0	17,0	100,0
	Total	53	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Grafico:

Figura 3

Frecuencia de la variable independiente automatización del control de las celdas de riego



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a 53 trabajadores evidencian que la percepción predominante respecto a la automatización del control de las celdas de riego se ubica en un nivel regular (79,25 %), 16,98 % considera buena y un 3,77 % califica como mala.

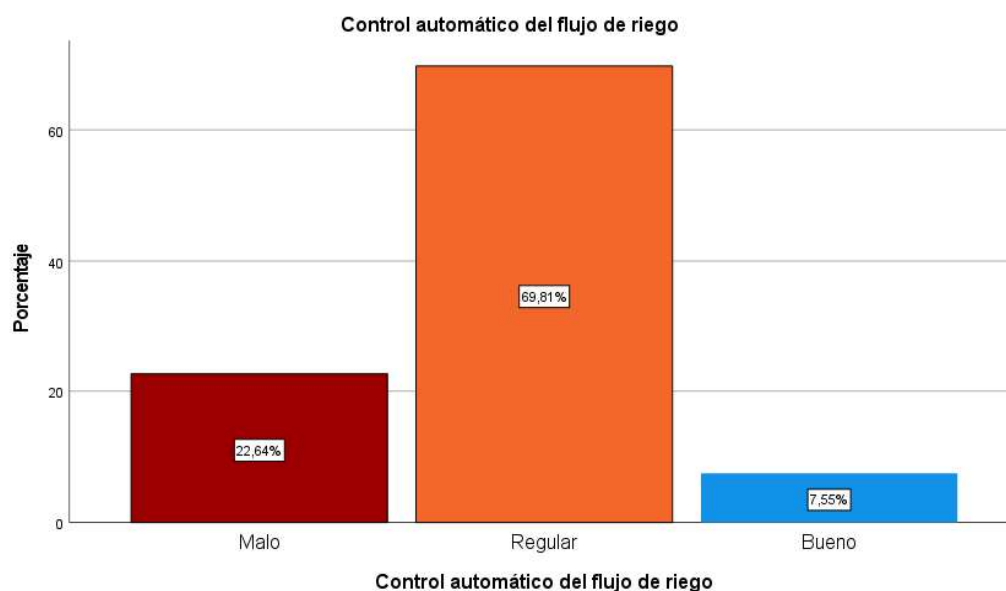
Tabla 5.
Frecuencia de la dimensión control automático del flujo de riego

Control automático del flujo de riego					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	12	22,6	22,6	22,6
	Regular	37	69,8	69,8	92,5
	Bueno	4	7,5	7,5	100,0
	Total	53	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Grafico:

Figura 4.
Frecuencia de la dimensión control automático del flujo de riego



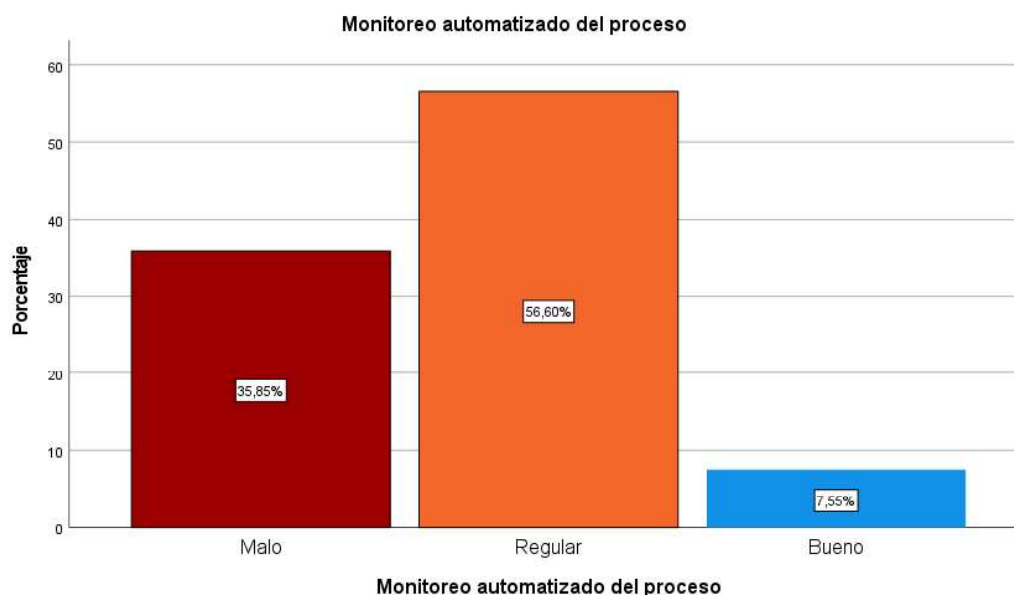
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En relación con el control automático del flujo de riego, el 69,81 % de los encuestados lo considera regular, mientras que el 22,64 % lo percibe como malo y solo el 7,55 % como bueno.

Tabla 6.*Frecuencia de la dimensión monitoreo automatizado del proceso*

Monitoreo automatizado del proceso					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	19	35,8	35,8	35,8
	Regular	30	56,6	56,6	92,5
	Bueno	4	7,5	7,5	100,0
	Total	53	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.**Grafico:****Figura 5.***Frecuencia de la dimensión monitoreo automatizado del proceso***Fuente:** Elaboración propia.**Interpretación:**

Respecto al monitoreo automatizado del proceso, el 56,60 % lo califica como regular, mientras que un significativo 35,85 % lo considera malo y solo el 7,55 % lo evalúa como bueno.

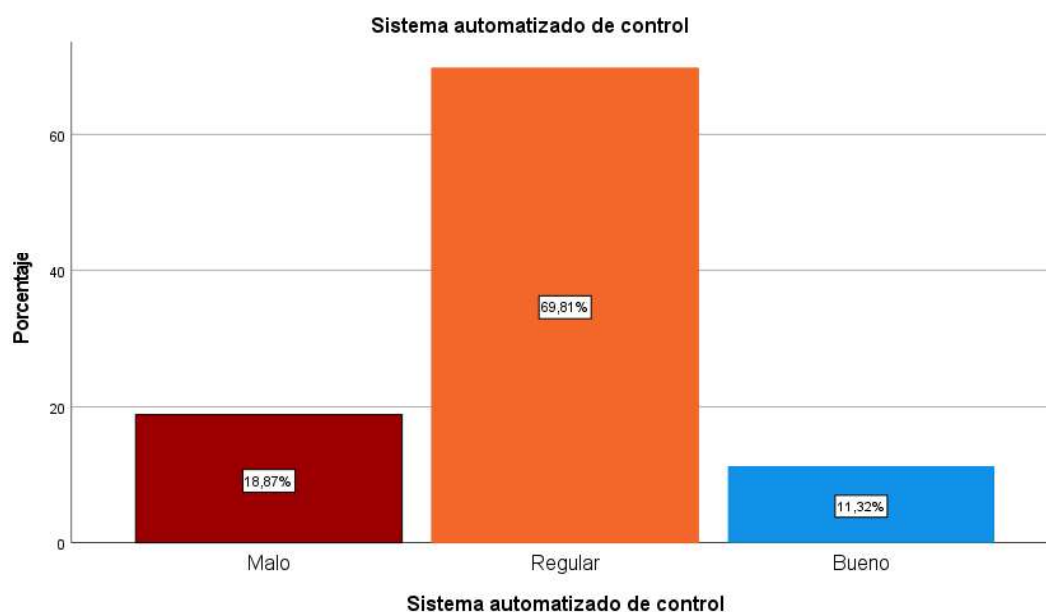
Tabla 7.
Frecuencia de la dimensión sistema automatizado de control

Sistema automatizado de control					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	10	18,9	18,9	18,9
	Regular	37	69,8	69,8	88,7
	Bueno	6	11,3	11,3	100,0
	Total	53	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Grafico:

Figura 6.
Frecuencia de la dimensión sistema automatizado de control



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

El sistema automatizado de control presenta una valoración predominantemente regular (69,81 %), con un 18,87 % en nivel malo y un 11,32 % en nivel bueno.

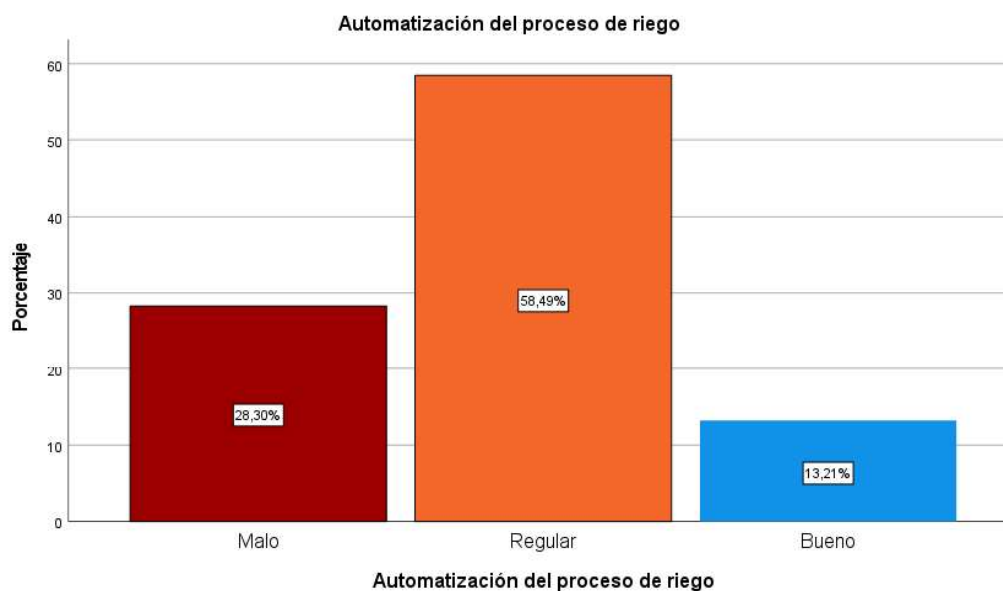
Tabla 8.
Frecuencia de la dimensión automatización del proceso de riego

Automatización del proceso de riego					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	15	28,3	28,3	28,3
	Regular	31	58,5	58,5	86,8
	Bueno	7	13,2	13,2	100,0
	Total	53	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Grafico:

Figura 7.
Frecuencia de la dimensión automatización del proceso de riego



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En cuanto a la automatización del proceso de riego, el 58,49 % la considera regular, el 28,30 % mala y el 13,21 % buena.

Tabla 9.

Frecuencia de la variable dependiente productividad del proceso de recuperación de oro y plata

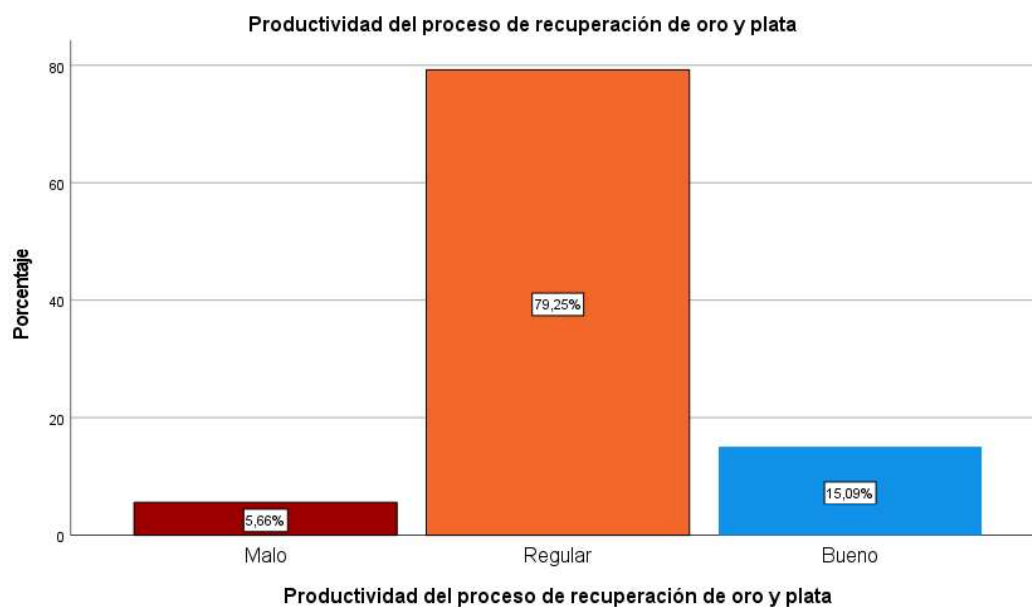
Productividad del proceso de recuperación de oro y plata					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	3	5,7	5,7	5,7
	Regular	42	79,2	79,2	84,9
	Bueno	8	15,1	15,1	100,0
	Total	53	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Grafico:

Figura 8.

Frecuencia de la variable dependiente productividad del proceso de recuperación de oro y plata



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Los resultados muestran que la productividad del proceso es percibida mayoritariamente como regular (79,25 %), seguida de un 15,09 % que la considera buena y un 5,66 % que la evalúa como mala.

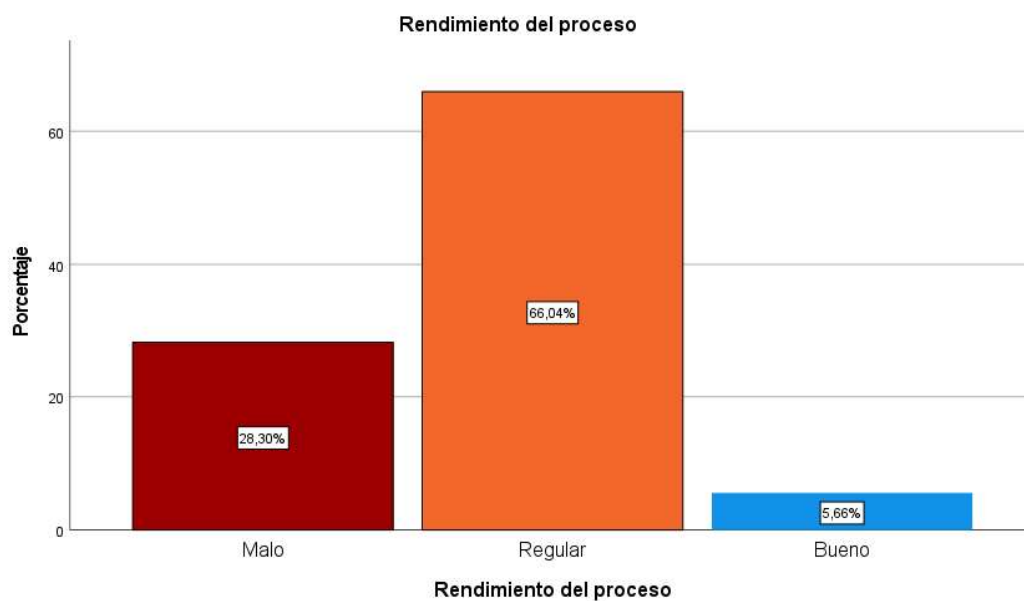
Tabla 10.
Frecuencia de la dimensión rendimiento del proceso

Rendimiento del proceso					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	15	28,3	28,3	28,3
	Regular	35	66,0	66,0	94,3
	Bueno	3	5,7	5,7	100,0
	Total	53	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Grafico:

Figura 9.
Frecuencia de la dimensión rendimiento del proceso



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

El rendimiento del proceso es calificado como regular por el 66,04 % de los encuestados, mientras que el 28,30 % lo considera malo y solo el 5,66% bueno.

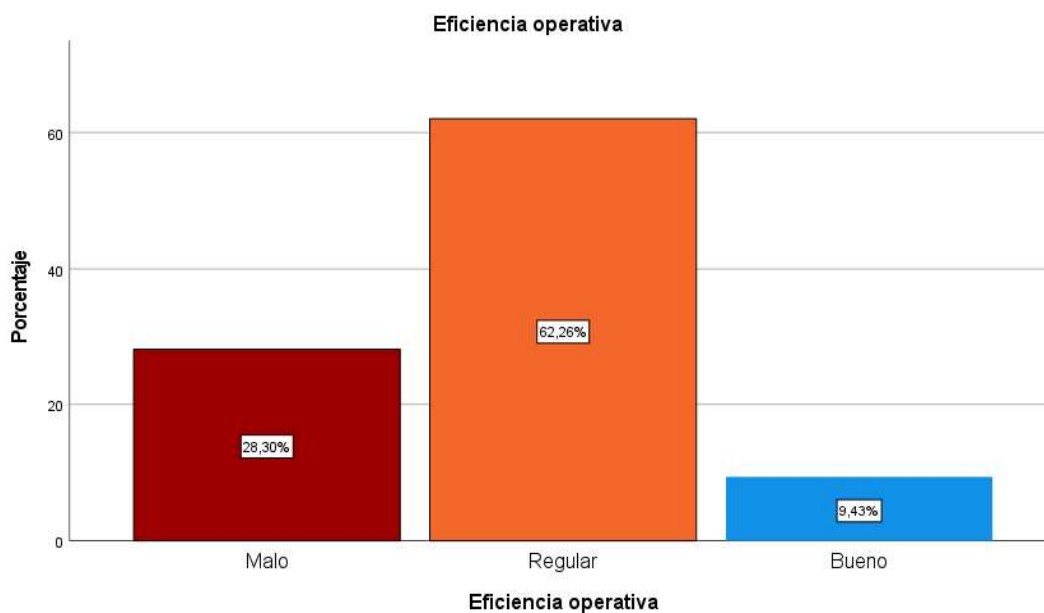
Tabla 11.
Frecuencia de la dimensión medidas mínimas de seguridad

		Eficiencia operativa			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	15	28,3	28,3	28,3
	Regular	33	62,3	62,3	90,6
	Bueno	5	9,4	9,4	100,0
	Total	53	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Grafico:

Figura 10.
Frecuencia de la dimensión medidas mínimas de seguridad



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

La eficiencia operativa presenta una valoración regular en el 62,26 % de los casos, con un 28,30 % en nivel malo y un 9,43 % en nivel bueno.

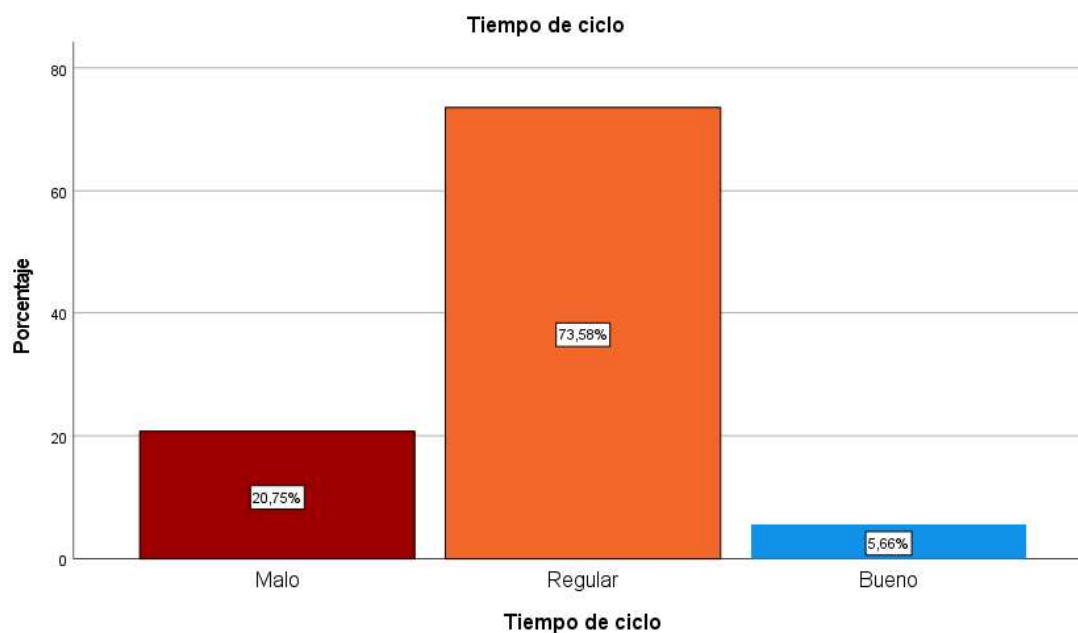
Tabla 12.
Frecuencia de la dimensión tiempo de ciclo

		Tiempo de ciclo			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	11	20,8	20,8	20,8
	Regular	39	73,6	73,6	94,3
	Bueno	3	5,7	5,7	100,0
	Total	53	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Grafico:

Figura 11.
Frecuencia de la dimensión tiempo de ciclo



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

El tiempo de ciclo es percibido como regular por el 73,58 % de los encuestados, mientras que el 20,75 % lo considera malo y el 5,66 % bueno.

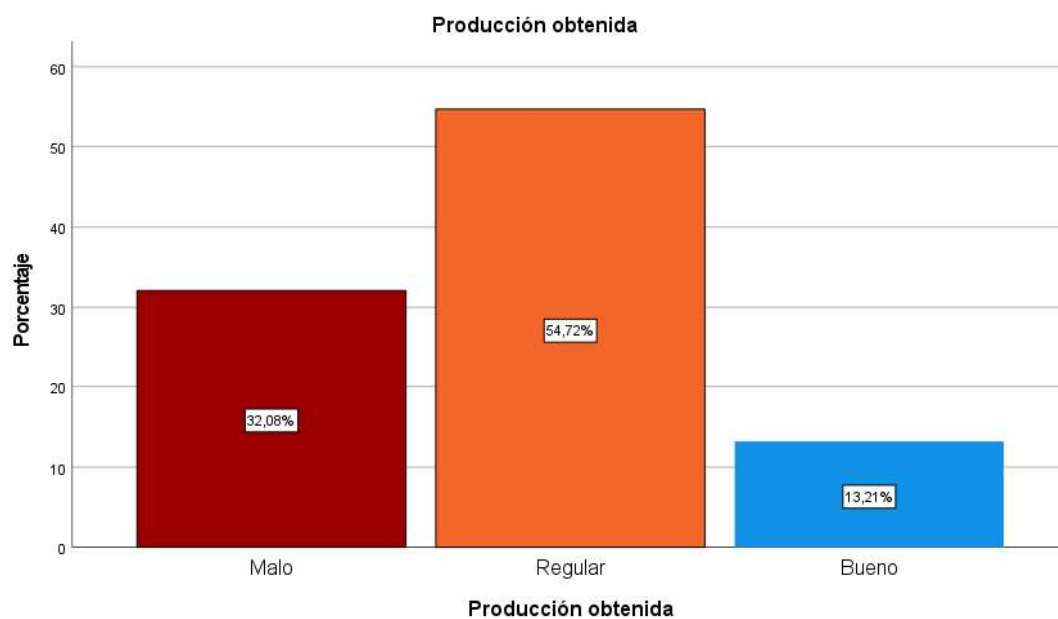
Tabla 13.
Frecuencia dimensión producción obtenida

Producción obtenida					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	17	32,1	32,1	32,1
	Regular	29	54,7	54,7	86,8
	Bueno	7	13,2	13,2	100,0
	Total	53	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Grafico:

Figura 12.
Frecuencia dimensión producción obtenida



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

De la encuesta realizada la producción obtenida presenta un 54,72 % en nivel regular, un 32,08 % en nivel malo y un 13,21% en nivel bueno.

3.2. Prueba de normalidad

Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov por que el tamaño de la muestra es mayor a 50, para el trabajo de investigación fue 53 empleados.

Hipótesis:

H0: Los datos provienen de una distribución normal

H1: Los datos no provienen de una distribución normal

Decisión: Es significativa si $p > \alpha$, entonces se acepta H0. ($\alpha = 0.05$)

Tabla 14.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Automatización del control de las celdas de riego	,448	53	<.,001	,595	53	<.,001
Productividad del proceso de recuperación de oro y plata	,432	53	<.,001	,613	53	<.,001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Los resultados obtenidos de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov indican que, tanto en relación con la variable de automatización del control de celdas de riego como en lo que respecta a la productividad del proceso de recuperación de oro y plata, el nivel de significancia es $p = 0,000 (< 0,05)$.

Dado que este valor es inferior a 0,05 en ambas evaluaciones, se rechaza la hipótesis que sostiene la normalidad de los datos, lo cual sugiere que no presentan una distribución normal.

Por lo tanto, para llevar a cabo el análisis inferencial, se aconseja optar por pruebas estadísticas no paramétricas, como el coeficiente de correlación de Spearman.

3.3. Contrastación de hipótesis

Para la prueba de hipótesis de la presente investigación se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman así mismo se aplicó la siguiente escala.

3.3.1. Contrastación de hipótesis general

H0: La automatización del control de las celdas de riego no influye significativamente en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en Minera Laguna Sur S.A. 2025.

H1: La automatización del control de las celdas de riego influye significativamente en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en Minera Laguna Sur S.A. 2025.

Tabla 15.
Contrastación de hipótesis general

Correlaciones				
			Automatizació n del control de las celdas de riego	Productividad del proceso de recuperación de oro y plata
Rho de Spearman	Automatización del control de las celdas de riego	Coeficiente de correlación	1,000	,704**
		Sig. (bilateral)	.	<.001
		N	53	53
	Productividad del proceso de recuperación de oro y plata	Coeficiente de correlación	,704**	1,000
		Sig. (bilateral)	<.001	.
		N	53	53

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados evidencian un coeficiente de correlación de $\rho = 0,704$, con un nivel de significancia $p = 0,000$ ($< 0,01$) y un tamaño muestral de $N = 53$.

El valor del coeficiente indica la existencia de una correlación positiva alta, lo que significa que, a medida que mejora la automatización del control de las celdas de riego, también aumenta la productividad del proceso de recuperación de oro y plata.

3.3.2. Contrastación de hipótesis específica 1

H0: La automatización del control del flujo de riego no influye positivamente en el rendimiento del proceso de recuperación de oro y plata.

H1: La automatización del control del flujo de riego influye positivamente en el rendimiento del proceso de recuperación de oro y plata.

Tabla 16.
Contrastación de hipótesis específica 1

Correlaciones				
Rho de Spearman	Control automático del flujo de riego	Coeficiente de correlación	Control automático del flujo de riego	Rendimiento del proceso
			1,000	,275*
			Sig. (bilateral)	,046
		N	53	53
	Rendimiento del proceso	Coeficiente de correlación	,275*	1,000
			Sig. (bilateral)	,046
			N	53

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados evidencian un coeficiente de correlación de $\rho = 0,275$, con un nivel de significancia $p = 0,046$ ($< 0,05$) y un tamaño muestral de $N = 53$.

El valor del coeficiente indica la existencia de una correlación positiva baja, lo que significa que a medida que mejora el control automático del flujo de riego, el rendimiento del proceso tiende a incrementarse. Sin embargo, la magnitud de la relación es débil.

3.3.3. Contrastación de hipótesis específica 2

H0: La automatización del monitoreo de las celdas de riego no influye significativamente en la eficiencia operativa del proceso.

H1: La automatización del monitoreo de las celdas de riego influye significativamente en la eficiencia operativa del proceso.

Tabla 17.
Contrastación de hipótesis específica 2

Correlaciones			Monitoreo automatizado del proceso	Eficiencia operativa
Rho de Spearman	Monitoreo automatizado del proceso	Coefficiente de correlación	1,000	,423**
		Sig. (bilateral)		,002
		N	53	53
	Eficiencia operativa	Coefficiente de correlación	,423**	1,000
		Sig. (bilateral)	,002	
		N	53	53

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados evidencian un coeficiente de correlación de $\rho = 0,423$, con un nivel de significancia $p = 0,002$ ($< 0,01$) y un tamaño muestral de $N = 53$.

El valor del coeficiente indica la existencia de una correlación positiva moderada, lo que significa que a medida que mejora el monitoreo automatizado del proceso, también aumenta la eficiencia operativa.

3.3.4. Contrastación de hipótesis específica 3

H0: La automatización del sistema de control no reduce significativamente el tiempo de ciclo del proceso de recuperación de oro y plata.

H1: La automatización del sistema de control reduce significativamente el tiempo de ciclo del proceso de recuperación de oro y plata.

Tabla 18.
Contrastación de hipótesis específica 3

Correlaciones			Sistema automatizado de control	Tiempo de ciclo
Rho de Spearman	Sistema automatizado de control	Coefficiente de correlación	1,000	,730**
		Sig. (bilateral)		<.001
		N	53	53
	Tiempo de ciclo	Coefficiente de correlación	,730**	1,000
		Sig. (bilateral)	<.001	
		N	53	53

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados evidencian un coeficiente de correlación de $\rho = 0,730$, con un nivel de significancia $p = 0,000 (< 0,01)$ y un tamaño muestral de $N = 53$.

El valor del coeficiente indica la existencia de una correlación positiva alta, lo que significa que a medida que mejora el sistema automatizado de control, se optimiza el tiempo de ciclo del proceso. Es decir, un mayor nivel de automatización del sistema de control se asocia con una reducción y mejor gestión de la duración del proceso productivo.

3.3.5. Contrastación de hipótesis específica 4

H0: La automatización del control de las celdas de riego no influye positivamente en la producción obtenida del proceso de recuperación.

H1: La automatización del control de las celdas de riego influye positivamente en la producción obtenida del proceso de recuperación.

Tabla 19.
Contrastación de hipótesis específica 4

Correlaciones			Automatización del proceso de riego	Producción obtenida
Rho de Spearman	Automatización del proceso de riego	Coefficiente de correlación	1,000	,859**
		Sig. (bilateral)	.	<.001
		N	53	53
	Producción obtenida	Coefficiente de correlación	,859**	1,000
		Sig. (bilateral)	<.001	.
		N	53	53

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados muestran un coeficiente de correlación Rho de Spearman de 0,859, con un nivel de significancia $p = 0,000$ ($< 0,01$) y una muestra de 53 casos.

Esto indica que existe una correlación positiva muy alta y estadísticamente significativa entre la automatización del proceso de riego y la producción obtenida.

IV. DISCUSION

El objetivo de la presente investigación fue determinar la relación entre el plan de mantenimiento preventivo y la mejora de la operatividad de los equipos en la planta concentradora de minerales, 2024. Los resultados estadísticos evidenciaron un coeficiente de correlación $\rho = 0,704$, con un nivel de significancia $p = 0,000 (< 0,01)$ y una muestra de $N = 53$, lo que demuestra la existencia de una correlación positiva alta y estadísticamente significativa entre las variables estudiadas.

Estos resultados indican que a medida que se fortalece la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo, mejora significativamente la operatividad de los equipos en la planta concentradora. Este hallazgo se sustenta en la teoría de gestión del mantenimiento industrial, la cual establece que el mantenimiento preventivo reduce fallas no programadas, incrementa la disponibilidad de equipos y optimiza el desempeño operativo.

Los resultados obtenidos guardan coherencia con lo planteado por Ávila (2024), quien determinó que la optimización de los parámetros del proceso de lixiviación permitió alcanzar una recuperación del 74,12 % y recuperar 19 472,97 onzas adicionales de oro, demostrando que la mejora técnica del proceso impacta directamente en el incremento de la producción. De manera similar, en la presente investigación, la mejora en la gestión preventiva contribuye a incrementar la eficiencia operativa y la continuidad productiva.

Asimismo, los hallazgos se relacionan con el estudio de Mantilla Murga (2025), quien evidenció que la implementación de pads dinámicos permitió aumentar la recuperación de oro del 72 % al 86 %, generando indicadores económicos favorables como un VAN de USD 40 435 613,83 y una TIR de 25,43 %. Esto confirma que las mejoras técnicas y operativas en los procesos mineros no solo impactan en la recuperación metalúrgica, sino también en la rentabilidad económica. En ese sentido, un adecuado

mantenimiento preventivo también puede traducirse en beneficios económicos al reducir tiempos muertos y costos correctivos.

El estudio de Mora y Aldave (2024) demostró que el control estadístico de variables críticas como densidad de pulpa y ley de cabeza influye directamente en la estabilidad del proceso de flotación. Este antecedente refuerza los resultados obtenidos, ya que tanto el control estadístico como el mantenimiento preventivo comparten el objetivo de garantizar estabilidad, confiabilidad y eficiencia operativa en los procesos metalúrgicos.

En conjunto, los resultados de la presente investigación confirman que existe una relación significativa entre la gestión técnica del mantenimiento y el desempeño operativo de los equipos en la planta concentradora. La evidencia empírica respalda que la planificación sistemática del mantenimiento preventivo constituye una herramienta estratégica para mejorar la disponibilidad, reducir fallas y optimizar la producción minera.

En consecuencia, los hallazgos del estudio no solo validan la hipótesis planteada, sino que también se alinean con investigaciones previas que demuestran que la optimización técnica de procesos mineros impacta positivamente en la recuperación de metales, la eficiencia operativa y la rentabilidad económica.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo al trabajo de investigación realizado, se concluye lo siguiente:

1. Se determinó que existe una relación positiva alta y estadísticamente significativa entre la automatización del control de las celdas de riego y la productividad del proceso de recuperación de oro y plata, evidenciada por un coeficiente de correlación de $\rho = 0,704$ y un nivel de significancia $p = 0,000 (< 0,01)$. Esto permite concluir que el fortalecimiento integral de la automatización contribuye directamente al incremento del desempeño productivo en el proceso hidrometalúrgico.
2. Se concluye que el control automático del flujo de riego presenta una relación positiva baja pero significativa con el rendimiento del proceso ($\rho = 0,275$; $p = 0,046 < 0,05$). Si bien la influencia es estadísticamente significativa, su magnitud es débil, lo que indica que el flujo de riego constituye un factor complementario dentro de un conjunto más amplio de variables que inciden en la recuperación metalúrgica.
3. Se evidenció que el monitoreo automatizado del proceso mantiene una relación positiva moderada y significativa con la eficiencia operativa ($\rho = 0,423$; $p = 0,002 < 0,01$). Esto demuestra que el seguimiento continuo de las variables operativas mejora la gestión de recursos, reduce desviaciones y fortalece la estabilidad del proceso productivo.
4. Se determinó que el sistema automatizado de control presenta una correlación positiva alta con el tiempo de ciclo del proceso ($\rho = 0,730$; $p = 0,000 < 0,01$). En consecuencia, se concluye que un mayor nivel de automatización del sistema de control permite

optimizar la duración del proceso, reducir tiempos improductivos y mejorar la continuidad operativa.

5. Se estableció que la automatización del proceso de riego mantiene la relación más fuerte con la producción obtenida, evidenciando una correlación positiva muy alta ($\rho = 0,859$; $p = 0,000 < 0,01$). Esto confirma que la automatización directa del proceso constituye el factor más determinante en el incremento de la producción de oro y plata, al garantizar uniformidad en la lixiviación y mayor eficiencia global.
6. En términos generales, se concluye que la automatización del control de las celdas de riego influye de manera significativa en los principales indicadores de productividad del proceso de recuperación de oro y plata. Los resultados validan la hipótesis general de investigación y demuestran que la integración tecnológica y el control automatizado son elementos estratégicos para mejorar el desempeño operativo en operaciones mineras.

VI. RECOMENDACIONES

1. Fortalecer integralmente la automatización del control de las celdas de riego, priorizando la modernización de equipos, actualización de software y optimización de parámetros operativos, dado que se evidenció una relación positiva alta con la productividad. Se recomienda implementar un plan de mejora tecnológica progresiva que garantice mayor estabilidad y continuidad en el proceso hidrometalúrgico.
2. Optimizar el control automático del flujo de riego mediante calibraciones periódicas, mejora en sensores de caudal y mantenimiento preventivo de válvulas automatizadas, considerando que su influencia en el rendimiento del proceso es significativa, pero de magnitud baja. Asimismo, se sugiere integrar esta variable con otros factores críticos como granulometría, ley del mineral y concentración de solución cianurada.
3. Implementar un sistema avanzado de monitoreo automatizado en tiempo real, que incluya alarmas tempranas, análisis predictivo de datos y reportes automatizados, debido a su relación moderada con la eficiencia operativa. El fortalecimiento del monitoreo permitirá mejorar la toma de decisiones y reducir desviaciones operativas.
4. Consolidar y robustecer el sistema automatizado de control (PLC–SCADA), integrando herramientas de análisis de datos y mantenimiento predictivo, dado que presenta una relación alta con el tiempo de ciclo. Se recomienda evaluar la

implementación de tecnologías de Industria 4.0 que permitan optimizar la duración del proceso y minimizar tiempos improductivos.

5. Priorizar la automatización del proceso de riego como estrategia clave de incremento productivo, ya que evidenció la correlación más fuerte con la producción obtenida. Se sugiere estandarizar protocolos automáticos de riego, mejorar la uniformidad de aplicación de solución y evaluar sistemas inteligentes que ajusten el riego según condiciones operativas y climáticas.
6. Diseñar un plan estratégico de automatización integral, alineado a los objetivos productivos de la empresa minera, que contemple inversión tecnológica, capacitación del personal y evaluación periódica de indicadores de productividad. Los resultados demuestran que la automatización constituye un factor determinante para mejorar la eficiencia y competitividad en la recuperación de oro y plata.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alban, S. N. (2017). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la Empresa Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad. *Para optar el título de Ingeniero Industrial*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.
- Andía, P. L. (2024). Implementación de un sistema de riego diferenciado basado en el control de procesos en la lixiviación con cianuro de sodio y su impacto en la productividad de la recuperación de oro. *(Tesis de pregrado)*. Universidad Privada del Norte, Lima.
- Angeles, P. E. (2020). Gestión de equipos hacia minería sostenible. *Para optar el grado de Maestro en Ingeniería*. Universidad McGill, Montreal, Canadá.
- Avila, P. E. (2024). Recuperación de oro de ripios del pad de lixiviación para aumentar la producción de una empresa minera de La Libertad. *Tesis de pregrado*. Universidad Privada del Norte, Trujillo - Perú.
- Belalcázar, G. M., & Ordoñez, C. C. (2021). Impacto generado por las TIC en el desempeño laboral de los empleados públicos del programa adulto mayor de La Secretaría De Bienestar Social – Alcaldía Municipal de Pasto, en tiempos de pandemia. *Trabajo de investigación*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogotá - Colombia.
- Carmona, J., & Pérez, L. (2021). Control de procesos en minería: riego automatizado en lixiviación de minerales. *Revista Peruana de Ingeniería Minera*, 15(2), 55–68.
- De_Bona, N. J. (2009). *Gestión del Mantenimiento*. Fund. Confemetal.
- Ellmann, S. y. (2020). *Gestión de activos y ciclo de vida*. (S. y. Asociados, Editor) Obtenido de <https://nationalfacilities.pe/1796-2/>.
- Eun, H. Y. (2021). Análisis del impacto de la utilización de las TIC en empleados y clientes: centrándose en la satisfacción de los empleados, el desempeño organizacional, la satisfacción del cliente y la toma de decisiones de compra. *Para el Grado de MAESTRÍA EN GESTIÓN PÚBLICA*. KDI School of Public Policy and Management, Sejong - Republica de Corea.
- García, G. S. (2010). *Ingeniería de Mantenimiento Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento*. Renovetec.
- García, R., & Rodríguez, M. (2023). Brechas tecnológicas y productividad en procesos de minería metálica en el Perú. *Journal of Mining Systems*, 7(1), 95–112.
- García, R., & Torres, F. (2023). Tecnologías de automatización en minería y su impacto en la eficiencia operativa en América Latina. *Revista de Ingeniería Minera Latinoamericana*, 12(3), 45–59.

- Groover, M. P. (2020). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing (5th ed.)*. Pearson.
- Habashi, F. (2009). *Handbook of extractive metallurgy*. Wiley-VCH.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations management (13th ed.)*. Pearson.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigación (6.ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Hilario, S. W. (2022). Diseño de un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos de la planta concentradora – compañía minera Casapalca. *Para optar el grado de Maestro Maestro en Gestión del Mantenimiento y la Sostenibilidad*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- iSE-Academy. (2026). *Automatización minera: clave para la eficiencia en LATAM-minera-clave-eficiencia-latam*. Obtenido de <https://ise-latam.com/blog/automatizacion>
- Jämsä, J. S.-L., & Baiden, G. (2023). Automation and Robotics in Mining and Mineral Processing. In S. Y. Nof (Ed.). *Springer Handbook of Automation*, 909–921.
- Kishnani, G. S. (2020). Uso de TIC y el Desempeño Laboral en Empresas de Comercio en Lima Metropolitana. *Para optar el grado de Bachiller en Administración*. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima – Perú.
- Laguna, O. R. (2020). "Propuesta de implementación de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, para mejorar la disponibilidad de equipos y maquinaria críticos, en línea de molienda de la Empresa Minera Antamina – Ancash". *Para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista*. UNiversidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- López, M. (2024). Estrategias de control automatizado y mejoras en la recuperación de oro y plata en procesos de lixiviación . *Tesis de maestría*. Universidad de Ingeniería y Tecnología, Lima.
- Mantilla, M. D. (2025). Determinación del beneficio económico en pads de lixiviación dinámicos de la Unidad Minera El Toro – Departamento de La Libertad . *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Perú.
- Marsden, J., & House, I. (2006). *The chemistry of gold extraction (2nd ed.)*. SME.
- Mathioudakis, S., Xiroudakis, G., Petrakis, E., & Manoutsoglou, E. (2023). Alluvial gold mining technologies from ancient times to the present. . *Mining*, 3(4), 618–644.
- Matshameko, K. A. (24 de Marzo de 2022). El Impacto de las TIC en el Desempeño de los Empleados en la Era COVID-19 en Botswana. *Revista de negocios de UNICAF UNIVERSITY*, 1-32.
- Minera., T. (2025). *Sistemas de automatización para plantas de procesamiento de minerales: eficiencia y control inteligente*.

- Mobley, R. K., McKelvey, K. M., & Vitillo, A. (2019). *Ingeniería de mantenimiento: Confiabilidad y gestión de activos*. McGraw-Hill Education.
- Mora, J. S., & Aldave, L. K. (2024). Control estadístico en la flotación de minerales auríferos y plata para establecer los parámetros de control operacional planta beneficio Nueva Esperanza S.A.C. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho - Perú.
- Nava, A. L., & Bazan, L. (2021). *Innovation and competitiveness in mining value chains: The case of Brazil*. Sao Paulo, Brazil: Inter-American Development Bank.
- Ngomaa, W. J., Mativengab, P. T., & Pretorius, J. (2020). Habilitación del mantenimiento basado en la condición en una planta de procesamiento de metales preciosos. *Elsevier B.V.*, 893-898.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa, cualitativa y redacción de la tesis (5.a ed.)*. Ediciones de la U.
- Ñaupas, P. H., Valdivia, D. M., Palacios, V. J., & Romero, D. H. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogota: Ediciones de la U.
- OCEX, O. P. (2019). *Peru Mining Sector Diagnostic*. World Bank. Obtenido de <https://documents1.worldbank.org/curated/en/448141632473923087/pdf/Peru-Mining-Sector-Diagnostic.pdf>
- Osman, A. A. (2021). Automation System of Gold Mining Plant Using PLC and SCADA. *Tesis*. University Al-Neelain, Arabia Saudita.
- Robatto, S. S., Gamache, Michel, & Doyon-Poulin, P. (2023). Prácticas actuales para el mantenimiento preventivo y expectativas para mantenimiento predictivo en minas del este de Canadá. *East-Canadian Mines. Mining 2023*, 26-53. doi:<https://doi.org/10.3390/mining3010002>
- Rojas, G. J. (2019). Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo Para Mejorar la Disponibilidad de los Equipos en la Planta de Chancado de una Unidad Minera en la Libertad, 2019. *Para optar el título profesional de Ingeniero Industria*. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., & Fast-Berglund, Å. (2016). *The Operator 4.0*. IFAC-PapersOnLine.
- Seborg, D. E., Edgar, T. F., Mellichamp, D. A., & Doyle, F. J. (2017). *Process dynamics and control (4th ed.)*. Wiley.
- Shamsuddoha, M., Kaibaliev, A., & Nasir, T. (2025). From mine to market: Streamlining sustainable gold production with cutting-edge technologies for enhanced productivity and efficiency in Central Asia. *Logistics*, 9(3), 100. doi:<https://doi.org/10.3390/logist>

- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2019). *Operations management (9th ed.)*. Pearson.
- Soldi, E. C. (2020). Uso de las TIC en el desempeño laboral de los trabajadores de la empresa FELSA S.A.C, Carabayllo, 2019. *Para optar el grado de Maestro en Ingeniería de Sistemas con Mención en Tecnologías de la Información*. Universidad Cesar Vallejo, Lima _ Perú.
- Ticona, M. J. (31 de enero de 2020). Uso de las TIC y su Relación con el Desempeño Laboral del Personal Administrativo de las Universidades Nacionales. *REVISTA DE INVESTIGACIONES DE LA ESCUELA DE POSGRADO*, 195 - 204. doi:DOI: <https://doi.org/10.26788/riepg.v9i3.2046>
- Vargas, T. (2022). Impacto del control automatizado en la recuperación metalúrgica de oro y plata. *Tesis de maestría*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Wills, B. A., & Finch, J. (2016). *Wills' mineral processing technology (8th ed.)*. Butterworth-Heinemann.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

Problemas General	Objetivos General	Hipótesis General	Variables Independiente	Indicador V.I.	Variables Dependiente	Indicador V.D.
¿De qué manera la automatización del control de las celdas de riego influye en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en Minera Laguna Sur S.A. 2025?	Determinar la influencia de la automatización del control de las celdas de riego en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en Minera Laguna Sur S.A. 2025	La automatización del control de las celdas de riego influye significativamente en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en Minera Laguna Sur S.A. 2025.	Automatización del control de las celdas de riego		Productividad del proceso de recuperación de oro y plata	
Problemas Especifico	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Dimensiones independientes	Indicador V.I.	Dimensiones Dependientes	Indicador V.D
¿Cómo influye la automatización del control del flujo de riego en el rendimiento del proceso de recuperación de oro y plata?	Evaluar la influencia de la automatización del control del flujo de riego en el rendimiento del proceso de recuperación de oro y plata	La automatización del control del flujo de riego influye positivamente en el rendimiento del proceso de recuperación de oro y plata.	Control automático del flujo de riego	Caudal controlado	Rendimiento del proceso	Porcentaje de recuperación
¿De qué manera la automatización del monitoreo de las celdas de riego influye en la eficiencia operativa del proceso?	Analizar la influencia de la automatización del monitoreo de las celdas de riego en la eficiencia operativa del proceso.	La automatización del monitoreo de las celdas de riego influye significativamente en la eficiencia operativa del proceso.	Monitoreo automatizado del proceso	Frecuencia de monitoreo	Eficiencia operativa	Uso óptimo de recursos
¿Cómo influye la automatización del sistema de control en el tiempo de ciclo del proceso de recuperación?	Determinar la influencia de la automatización del sistema de control en el tiempo de ciclo del proceso de recuperación de oro y plata.	La automatización del sistema de control reduce significativamente el tiempo de ciclo del proceso de recuperación de oro y plata.	Sistema automatizado de control	Tiempo de respuesta	Tiempo de ciclo	Duración del proceso
¿De qué manera la automatización del control de las celdas de riego influye en la producción obtenida?	Evaluar la influencia de la automatización del control de las celdas de riego en la producción obtenida del proceso de recuperación.	La automatización del control de las celdas de riego influye positivamente en la producción obtenida del proceso de recuperación.	Automatización del proceso de riego	Nivel de automatización	Producción obtenida	Toneladas procesadas

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02: Instrumento de recolección de datos

Determinar la influencia de la automatización del control de las celdas de riego en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en Minera Laguna Sur S.A. 2025.

INDICE	INTERVALO	PUNTUACIÓN
A	Totalmente en desacuerdo	1
B	En desacuerdo	2
C	Indiferente	3
D	De acuerdo	4
E	Totalmente de acuerdo	5

Nº	V1: AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE LAS CELDAS DE RIEGO	1	2	3	4	5
D1: Control automático del flujo de riego						
1	El sistema automatizado mantiene un control preciso del caudal de riego en las celdas.					
2	La regulación automática del flujo de solución evita variaciones significativas en el proceso.					
3	El caudal de riego se ajusta automáticamente según los parámetros establecidos.					
D2: Monitoreo automatizado del proceso						
4	El sistema automatizado permite monitorear continuamente el proceso de riego.					
5	La frecuencia de monitoreo automatizado mejora la detección de desviaciones.					
6	El monitoreo en tiempo real facilita la toma de decisiones operativas.					
D3: Sistema automatizado de control						
7	El sistema automatizado genera reportes periódicos del desempeño del riego.					
8	La supervisión automatizada reduce la necesidad de controles manuales constantes.					
9	El sistema de control detecta fallas oportunamente.					
D4: Automatización del proceso de riego						
10	La automatización reduce el tiempo de respuesta ante variaciones del proceso.					
11	El sistema ajusta automáticamente las variables en menor tiempo que el control manual.					
12	La respuesta automática del sistema evita retrasos operativos.					

Nº	V2: PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE ORO Y PLATA	1	2	3	4	5
D1: Rendimiento del proceso						
1	La automatización del riego ha incrementado el porcentaje de recuperación de oro.					
2	La automatización del riego ha incrementado el porcentaje de recuperación de plata.					
3	El control automatizado mejora la eficiencia de la lixiviación.					
D2: Eficiencia operativa						
4	La automatización optimiza el uso de solución de riego.					
5	El sistema automatizado reduce el desperdicio de recursos.					
6	La operación automatizada disminuye el consumo innecesario de energía.					
D3: Tiempo de ciclo						
7	La automatización ha reducido la duración del ciclo de recuperación.					
8	El proceso de lixiviación es más rápido con el control automatizado.					
9	La programación automática mejora la continuidad del proceso					
D4: Producción obtenida						
10	La automatización ha incrementado la cantidad de toneladas procesadas.					
11	La producción mensual ha mejorado tras la implementación del sistema automatizado.					
12	El sistema automatizado permite mantener una producción constante.					

Juicio de expertos



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS E INFORMÁTICA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

TÍTULO DE LA TESIS: "Automatización del control de las celdas de riego y su influencia en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en una empresa Minera, 2025"

PRESENTADO POR (Tesis): Bach. Encinas Chambi, Julio Alfonso
Bach. Espinoza Vásquez, Marino Eliseo
Bach. Ruiz Samamé, Oswaldo Martín

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO N°: 01

- 1.1. Apellidos y Nombres: Corilla Baquerizo, Eduardo Cancio
1.2. Grado Académico : Mg. Investigación y Docencia Universitaria
1.3. Cargo e Institución donde Labora: Jefe de Proyectos- INEI y Docente Investigador
1.4. Tipo de Instrumento de Evaluación: **ENCUESTA**

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0 – 20%	REGULAR 21 – 40%	BUENO 41 – 60%	MUY BUENO 61 – 80%	EXCELENTE 81 – 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable					X
3. ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe organización Lógica				X	
5. SUFFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema metodológico y científico				X	
7. CONSISTENCIA	Se basa en aspectos teóricos, científicos acordes a la tecnología					X
8. COHERENCIA	Entre índices, indicadores y dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	Responde al propósito del trabajo bajo los objetivos a lograr					X

II. OPCION DE APLICABILIDAD : Se puede aplicar

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN : 89%.....

IV. RECOMENDACIONES : Ninguno

Firma del experto:

Fecha: 31/12/2025

DNI : 20037930



**UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS E INFORMÁTICA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

INGENIERÍA INDUSTRIAL

TÍTULO DE LA TESIS: "Automatización del control de las celdas de riego y su influencia en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en una empresa Minera, 2025"

PRESENTADO POR (Tesista): Bach. Encinas Chambi, Julio Alfonzo
Bach. Espinoza Vásquez, Marino Eliseo
Bach. Ruiz Samané, Oswaldo Martín

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO N° : 02

- 1.1. Apellidos y Nombres : Cropeza Gonzales, Joaquín Antonio
1.2. Grado Académico : Magister
1.3. Cargo e Institución donde Labora: Universidad Peruana de Ciencias e Informática - UPCI
1.4. Tipo de Instrumento de Evaluación: **ENCUESTA**

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0 – 20%	REGULAR 21 – 40%	BUENO 41 – 60%	MUY BUENO 61 – 80%	EXCELENTE 81 – 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable				X	
3. ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema metodológico y científico					X
7. CONSISTENCIA	Se basa en aspectos técnicos, científicos acordes a la tecnología				X	
8. COHERENCIA	Entre índices, indicadores y dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	Responde al propósito del trabajo bajo los objetivos a lograr					X

II. OPCION DE APLICABILIDAD : Aplicar el instrumento

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN : 89%

IV. RECOMENDACIONES :

Firma del experto:

Fecha: 03/12/2025

DNI : 002589403



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS E INFORMÁTICA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

TÍTULO DE LA TESIS: "Automatización del control de las celdas de riego y su influencia en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en una empresa Minera, 2025"

PRESENTADO POR (Tesisista): Bach. Encinas Chambi, Julio Alfonzo
Bach. Espinoza Vásquez, Marino Eliseo
Bach. Ruiz Samané, Oswaldo Martín

I. DATOS GENERALES DEL EXPERTO N° : 03

- 1.1. Apellidos y Nombres : Guzmán Paredes, Jackeline
1.2. Grado Académico : Ingeniero Industrial
1.3. Cargo e Institución donde Labora: Especialista en Contrataciones y Adquisiciones – PCM -
Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas – DEVIDA
1.4. Tipo de Instrumento de Evaluación: **ENCUESTA**

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 0 – 20%	REGULAR 21 – 40%	BUENO 41 – 60%	MUY BUENO 61 – 80%	EXCELENTE 81 – 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable					X
3. ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe organización lógica				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				X	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema metodológico y científico					X
7. CONSISTENCIA	Se basa en aspectos técnicos, científicos acordes a la tecnología					X
8. COHERENCIA	Entre índices, indicadores y dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	Responde al propósito del trabajo bajo los objetivos a lograr					X

II. OPCION DE APLICABILIDAD : Que se aplique el instrumento

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN : 69%

IV. RECOMENDACIONES :

Firma del experto:

Fecha: 12/12/2023

DNI : 44563080

Anexo 03: Base de datos

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
1	4	4	3	2	3	4	2	2	3	5	5	4	3	3	4	4	4	5	2	2	3	5	5	4
2	3	2	3	3	3	1	4	3	4	3	3	4	2	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4
3	3	1	2	1	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	1	3	3	1	3	3	3	2	2	3
4	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	1	1	3	3	3	2	3	3	2
5	3	1	3	2	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3
6	4	3	2	3	4	2	4	4	2	2	4	2	2	2	2	4	1	4	4	4	2	2	4	2
7	4	2	4	2	4	3	2	2	2	4	2	4	4	2	1	1	2	4	2	2	2	4	2	4
8	4	4	2	2	3	4	4	4	4	3	4	2	2	2	1	4	4	1	4	4	4	3	4	2
9	4	4	4	4	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11	4	4	3	2	3	4	2	2	3	5	5	4	3	3	4	4	4	5	2	2	3	5	5	4
12	3	3	3	3	3	1	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2
13	3	1	2	1	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	1	3	3	1	3	3	3	2	2	3
14	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	1	1	3	3	3	2	3	3	2
15	3	1	3	2	3	1	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	2	1	3	3	3	3	2	3
16	4	3	2	3	4	2	4	4	2	2	4	2	2	2	2	4	1	4	4	4	2	2	4	2
17	3	1	3	2	3	1	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	2	1	3	3	3	3	2	3
18	4	3	2	3	4	2	4	4	2	2	4	2	2	2	2	4	1	4	4	4	2	2	4	2
19	4	2	4	2	4	3	2	2	2	4	2	4	4	2	1	1	2	4	2	2	2	4	2	4
20	4	4	2	2	3	4	4	4	4	3	4	2	2	2	1	4	4	1	4	4	4	3	4	2
21	4	4	4	4	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4
22	5	5	4	2	5	5	5	5	5	4	2	5	5	1	5	1	1	5	5	5	5	4	2	5
23	4	4	4	4	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4
24	5	5	4	2	5	5	5	5	5	4	2	5	5	1	5	1	1	5	5	5	5	4	2	5
25	4	1	3	2	3	4	2	2	3	5	5	4	3	3	4	4	4	5	2	2	3	5	5	4
26	3	3	3	3	3	1	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2
27	2	1	2	1	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	1	1	3	1	3	3	3	2	2	3
28	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	1	1	3	3	3	2	3	3	2
29	3	1	3	2	3	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	1	3	3
30	4	3	2	3	4	2	4	4	2	2	4	2	2	2	2	1	1	4	4	4	2	2	4	2
31	2	2	4	2	1	3	2	2	2	1	2	4	4	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	4
32	2	2	2	2	3	4	4	4	1	3	2	2	2	2	1	4	4	1	4	4	1	3	2	2
33	4	4	2	1	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4
34	2	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5	1	3	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5
35	3	1	3	2	3	4	2	2	3	4	5	4	3	3	4	4	4	5	2	2	3	4	5	4
36	3	3	3	3	3	1	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2
37	2	3	3	1	1	3	3	4	1	3	3	3	1	3	2	3	1	3	3	4	1	3	3	3
38	3	2	4	1	4	5	3	4	1	1	2	4	3	2	3	4	2	4	3	4	1	1	2	4
39	3	1	1	2	4	4	4	3	2	4	2	4	2	4	2	4	3	2	4	3	2	4	2	4
40	4	1	4	4	1	5	1	4	4	1	2	4	4	2	2	3	4	4	1	4	4	1	2	4
41	2	4	2	4	4	4	2	3	1	4	2	4	4	4	4	4	2	4	2	3	1	4	2	4
42	2	5	1	1	5	3	5	4	5	5	5	5	5	4	2	5	5	5	5	4	5	5	5	5
43	4	4	4	4	5	5	4	5	4	3	1	4	1	3	2	3	4	2	4	5	4	3	1	4
44	2	3	3	3	3	5	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	1	3
45	4	1	1	3	1	4	4	2	4	1	3	2	1	2	1	3	3	3	4	2	4	1	3	2
46	4	3	1	1	3	5	3	3	3	3	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3
47	1	3	3	1	1	4	3	4	1	3	1	3	1	3	2	3	1	3	3	4	1	3	1	3
48	3	2	1	1	4	5	4	2	1	1	2	4	3	2	3	4	2	4	4	2	1	1	2	4
49	3	1	1	2	1	4	4	3	2	4	2	2	2	4	2	1	3	2	4	3	2	4	2	2
50	2	1	4	4	1	5	1	4	4	1	2	2	2	2	2	3	4	4	1	4	4	1	2	2
51	4	4	3	2	3	4	2	2	3	5	5	4	3	3	4	4	4	5	2	2	3	5	5	4
52	3	2	3	3	3	1	4	3	4	3	3	4	2	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4
53	3	1	2	1	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	1	3	3	1	3	3	3	2	2	3

Anexo 04: Evidencia de similitud digital



Página 1 de 85 - Portada

Identificador de la entrega: trn:oid::1:3517711060

Julio Alfonso Encinas Chambí

Automatización del control de las celdas de riego y su influencia en la productividad del proceso de recuperación de ...

TESIS

TESIS 2026

Universidad Peruana de Ciencias e Informática

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3517711060

Fecha de entrega

25 mar 2026, 11:12 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

8 jul 2026, 11:18 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

SIS_ENCINAS.FSPIN07A.R1117.07_02_26_para_turnitin_corregido1.docx

Tamaño del archivo

611.8 KB

81 páginas

15.319 palabras

81.287 caracteres



Página 1 de 85 - Portada

Identificador de la entrega: trn:oid::1:3517711060

14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
1 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Anexo 05: Autorización de publicación en repositorio



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL O TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPCI

1.- DATOS DEL AUTOR

Apellidos y Nombres: Encinas Chambi Julio Alfonso
 DNI: 80287326 Correo electrónico: juencinas@hotmail.com
 Domicilio: av. la Marina #466 las Delicias Moche Trujillo
 Teléfono fijo: _____ Teléfono celular: 954208263

2.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL O TESIS

Facultad / Carrera: Ingeniería Industrial
 Tipo: Trabajo de Suficiencia Profesional () Tesis (x)
 Título del Trabajo de Suficiencia Profesional / Tesis:
"Automatización del control de las celdas de riego y su influencia
en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata
en una empresa Minera 2025"

3.- OBTENER:

Título Profesional (X)

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

Por la presente declaro que el documento indicado en el ítem 2 es de mi autoría y exclusiva titularidad, ante tal razón autorizo a la Universidad Peruana Ciencias e Informática para publicar la versión electrónica en su Repositorio Institucional (<http://repositorio.upci.edu.pe>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art23 y Art.33.

Autorizo la publicación de mi tesis (marque con una X):

(x) Sí, autorizo el depósito y publicación total.

() No, autorizo el depósito ni su publicación.

Como constancia firmo el presente documento en la ciudad de Lima, a los

26 días del mes de Marzo de 2026.

P/ [Firma]
 FIRMA



HUELLA



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPCI

1.- DATOS DEL AUTOR

Apellidos y Nombres: ESPINOZA VÁSQUEZ MARINO ELISEO
 DNI: 07159634 Correo electrónico: marino_973@hotmail.com
 Domicilio: CALLE COLQUEPATA 219 DIST. INDEPENDENCIA - LIMA
 Teléfono fijo: _____ Teléfono celular: 998720670

2.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO Ó TESIS

Facultad/Escuela: INGENIERIA INDUSTRIAL
 Tipo: Trabajo de Investigación Bachiller () Tesis (X)
 Título del Trabajo de Investigación / Tesis:
"AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE LAS CELDAS DE RIEGO
Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE
RECUPERACIÓN DE ORO Y PLATA EN UNA EMPRESA
MINERA 2025."

3.- OBTENER:

Bachiller () Título (X) Mg. () Dr. () PhD. ()

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

Por la presente declaro que el documento indicado en el ítem 2 es de mi autoría y exclusiva titularidad, ante tal razón autorizo a la Universidad Peruana Ciencias e Informática para publicar la versión electrónica en su Repositorio Institucional (<http://repositorio.upci.edu.pe>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art.23 y Art.33.

Autorizo la publicación de mi tesis (marque con una X):

(X) Sí, autorizo el depósito y publicación total.

() No, autorizo el depósito ni su publicación.

Como constancia firmo el presente documento en la ciudad de Lima, a los
26 días del mes de MARZO de 2026.

Firma





**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPCI**

1.- DATOS DEL AUTOR

Apellidos y Nombres: RUIZ SAMAMÉ OSWALDO MARTÍN

DNI: 09430174, Correo electrónico: oruizsamame68@gmail.com

Domicilio: Jr. Vizcaya N° 133 – 401 Urb. Javier Prado IV Etapa – San Luis

Teléfono fijo: 01-346 2047, Teléfono celular: 980179557

2.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO Ó TESIS

Facultad/Escuela: Ingeniería Industrial

Tipo: Trabajo de Investigación Bachiller () Tesis (X)

Título del Trabajo de Investigación / Tesis:

"Automatización del control de las celdas de riego y su influencia en la productividad del proceso de recuperación de oro y plata en una empresa Minera"

3.- OBTENER:

Bachiller () Título (X) Mg. () Dr. () PhD. ()

4.- AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

Por la presente declaro que el documento indicado en el ítem 2 es de mi autoría y exclusiva titularidad, ante tal razón autorizo a la Universidad Peruana Ciencias e Informática para publicar la versión electrónica en su Repositorio Institucional (<http://repositorio.upci.edu.pe>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art23 y Art.33.

Autorizo la publicación de mi tesis (marque con una X):

(X) Sí, autorizo el depósito y publicación total.

() No, autorizo el depósito ni su publicación.

Como constancia firmo el presente documento en la ciudad de Lima, a los 26 días del mes de Marzo de 2026



 Firma

