

Revista Científica

Basachí

ISSN-2954-520X



VOLUMEN NO. 4

Edición 1
Enero - Junio
2026

Sello Editorial UTPN //
ISSN-2954-520X

hndm
HEMEROTECA NACIONAL
DIGITAL DE MÉXICO



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA PASO DEL NORTE



DIFUSIÓN VÍA ELECTRÓNICA

BASACHÍ

ISSN: 2954-520X

INFORMACIÓN EDITORIAL

BASACHÍ Año 4, número 1, enero-junio 2026, es una publicación semestral editada por la Universidad Tecnológica Paso del Norte, con dirección en Calle Pez Lucio No. 10526, de la Colonia Puerto de Anapra, en la Heroica Ciudad Juárez, Chihuahua, C.P. 32107, Tel. 656 2-57-00, Ext. 2005, www.utpn.edu.mx. Editora responsable: Dra. María Cristina Guevara Neri. Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04-2022-090613343700-102, ISSN: 2954-520X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Departamento de Editorial, Lic. Sergio Fabián Delgado Ramírez, con dirección en Calle Pez Lucio No. 10526, de la Colonia Puerto de Anapra, en la Heroica Ciudad Juárez, Chihuahua, C.P. 32107, con fecha de la última modificación, 28 de agosto de 2026.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la Universidad Tecnológica Paso del Norte.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

DIRECTORIO

FRANCISCO JAVIER LLERA PACHECO
RECTOR

JORGE ANTONIO MARTÍNEZ QUEZADA
ABOGADO GENERAL

MARÍA CRISTINA GUEVARA NERI
DIRECTORA GENERAL DE LA REVISTA
BASACHÍ

MARÍA DE LOS ÁNGEL HOLTZEIMER
ÁLVAREZ
DIRECTORA DE CARRERA: DIVISIÓN
INGENIERÍAS

ESMERALDA YADIRA CEPEDA ALCON
DIRECTORA DE CARRERA: DIVISIÓN
ADMINISTRACIÓN

LETICIA ROCHA LUCERO
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS
HUMANOS

NORELY QUEZADA GOYTIA
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS
FINANCIEROS

HÉCTOR MOLINAR CATALÁN
DIRECTOR DE PLANEACIÓN Y EVALUACIÓN

GABRIEL MUÑOZ SAPIÉN
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN Y
FINANZAS

IRVING LUIS VÁZQUEZ HERNÁNDEZ
JEFE DE BIENESTAR UNIVERSITARIO

ARACELY AGUIRRE MEDINA
JEFA DE CONTROL ESCOLAR

SERGIO FABIÁN DELGADO RAMÍREZ
JEFE DE PRENSA Y DIFUSIÓN

ELIAZAR SALAZAR PAVÓN
DIVISIÓN DE LOGÍSTICA INTERNACIONAL



MIRNA LILIANA GUILLÉN RAMÍREZ
DIVISIÓN DE GESTIÓN DE PROYECTOS Y
NEGOCIOS

WENDY NEVAREZ AGUILAR
DIVISIÓN EN REDES INTELIGENTES Y
CIBERSEGURIDAD

MARÍA CRISTINA GUEVARA NERI
DIVISIÓN DE MECATRÓNICA

DENISSE GABRIELA RIVERA MOJICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

IVÁN MARTÍNEZ MENDOZA
ACADEMIA DE CIENCIAS BÁSICAS

CLAUDIA CECILIA DIAZ MORENO
DIVISIÓN DE EXPRESIÓN ORAL Y ESCRITA

ANA GALLEGOS
DIVISIÓN DE LENGUAS Y MÉTODOS

EDITORIAL



La Revista Científica **BASACHÍ** genera el volumen 4, número 1, cuya versión se encuentra disponible a través del portal de la Universidad Tecnológica Paso del Norte: <https://basachi.utpn.edu.mx/> para ser visible las publicaciones, y tener el acercamiento al público en general.

BASACHÍ realiza su séptima publicación científica con el objetivo de difundir la ciencia, la tecnología y la investigación, y de consolidarse como una fuente de conocimiento para los lectores en general.

EQUIPOS EDITORIALES



Rector de la Universidad Tecnológica Paso del Norte

Dr. Francisco Javier Llera Pacheco

Directora General de la Revista Científica BASACHÍ

Dra. María Cristina Guevara Neri

Coordinación Editorial de la Revista

Lic. Sergio Fabián Delgado Ramírez

CONSEJO DE ARBITRAJE

Dr. Adán Valles Chávez
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dra. Erik Berenice Herrera Ríos
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dr. Tomás Francisco Limones Meraz
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dra. Ana Isela García Acosta
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dr. Manuel Alejandro Barajas Bustillos
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dr. Diego Adiel Sandoval Chávez
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dr. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dr. Jorge Adolfo Pinto Santos
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dra. Alma Guadalupe Rodríguez Ramírez
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Dr. Gilberto Mercado Mercado
Universidad Vizcaya de Las Américas

Dr. Diego Manuel Medina Carril
UT Metropolitana de Mérida

Mtra. Angélica Esther Herrera Lugo
UT Metropolitana de Mérida

Dra. Claudia Evangelina Valles Sosas
Universidad del Paso Texas

Dra. Perla Ivette Gómez Zepeda
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

Dra. María Cristina Guevara Neri
Universidad Tecnológica Paso del Norte

Dr. Iván Martínez Mendoza
Universidad Tecnológica Paso del Norte

Mtro. Víctor Saucedo Díaz
Universidad Tecnológica Paso del Norte

Mtra. Denisse Gabriela Rivera Mojica
Universidad Tecnológica Paso del Norte

Mtro. Eliazar Salazar Pavón
Universidad Tecnológica Paso del Norte

Mtra. Laura Navarro Enríquez
Universidad Tecnológica Paso del Norte

Mtra. Mirna Liliana Guillén Ramírez
Universidad Tecnológica Paso del Norte

Mtra. Ana Lorena Chávez Montelongo
Universidad Tecnológica Paso del Norte

Mtro. Eduardo Alejandro Carranza González
Universidad Tecnológica Paso del Norte

Mtra. Mayra Sato Franco
Universidad Tecnológica Paso del Norte

RESEÑA



En el año 2023, la revista **BASACHÍ** de la Universidad Tecnológica Paso del Norte (UTPN), ubicada en Cd. Juárez, Chihuahua, México, inició su actividad como revista científica, tras completar los trámites pertinentes ante el Centro Nacional ISSN y el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR).

1. Coordinación Editorial: La revista cuenta con la colaboración de profesionistas de diversas disciplinas y grados académicos, incluyendo doctores y maestros.
2. Comité de Arbitraje: El comité de arbitraje de la revista **BASACHÍ** está integrado por académicos con grados de maestro y doctor, quienes entre sus logros académicos cuentan con el Perfil Deseable otorgado por PRODEP o son miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).
3. Formato y Registro ISSN: **BASACHÍ** es una revista electrónica que cuenta con el Número Internacional Normalizado de Publicaciones Seriadas (ISSN): 2954-520X.
4. Proyección y Reconocimiento: La revista científica **BASACHÍ** trabaja arduamente para ser aceptada en catálogos y directorios de revistas nacionales e internacionales de gran prestigio. Asimismo, busca pertenecer a repositorios de servicios de información y bibliotecas universitarias.
5. Significado del Nombre: **BASACHÍ**, en lengua tarahumara, significa "coyote", la mascota representativa de la Universidad Tecnológica Paso del Norte.
6. Fecha de Registro ISSN: El número **ISSN: 2954-520X** fue otorgado por INDAUTOR el 17 de febrero de 2023.

CONTENIDO

Sistema integral de monitoreo GPS y telemetría para máquinas de elevación, control operativo y seguridad industrial	10
Investigación de la implementación del Sistema de Gestión de Calidad con enfoque en recurso humano: un estudio empírico en empresas manufactureras de Cd. Juárez.....	18
Análisis sistémico de factores endógenos y exógenos que inciden en la productividad de la mediana minería en México	26

SISTEMA INTEGRAL DE MONITOREO GPS Y TELEMETRÍA PARA MÁQUINAS DE ELEVACIÓN, CONTROL OPERATIVO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

Lilia Margarita Mena Castillo ¹, Margarita Sayuri Sáenz Rodríguez², Santiago Javier Flores Mena³

¹Maestría en Gestión de las Tecnologías de la Información, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Correo electrónico: lmena@itsnecg.edu.mx, Teléfono: 636 694 9500. Avenida Tecnológico #7100 C.P. 31700, Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, México

²Maestría en Ingeniería en Manufactura, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, Departamento de Ingeniería en Electromecánica y Mecatrónica, Correo electrónico: msaez@itsnecg.edu.mx, Teléfono: 636 694 9500 ext. 143. Avenida Tecnológico #7100 C.P. 31700, Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, México

³Alumno del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, Teléfono: 636 694 9500. Avenida Tecnológico #7100 C.P. 31700, Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, México.

Resumen - El presente trabajo aborda la problemática de la falta de trazabilidad, control operativo y gestión documental en la flota de plataformas elevadoras de la empresa COYSE, situación que generaba inoperatividad recurrente, incremento en los costos de mantenimiento y riesgos de seguridad asociados al uso inadecuado y a la omisión en la recarga de baterías. Para resolver esta problemática se diseñó e implementó un sistema integral de monitoreo y gestión telemática basado en tecnologías GPS, Internet de las Cosas (IoT) y arquitectura SCADA, integrando control remoto de funciones críticas y acceso documental digital mediante códigos QR. La solución se materializó en una Unidad de Monitoreo Telemático (UMT) modular preensamblada de rápida instalación. Los resultados experimentales evidencian la correcta operación del sistema, incluyendo el registro del horómetro telemático, detección confiable de ignición, monitoreo del estado de carga mediante aislamiento galvánico, control remoto de bloqueo/desbloqueo y acceso digital seguro a documentación técnica. El impacto del proyecto es estratégico al transformar la gestión de activos, con potencial para reducir fallas operativas asociadas al uso inadecuado, mejorar la trazabilidad de los activos e incrementar la capacidad de supervisión remota de la flota.

Palabras Clave: GPS, IoT, mantenimiento predictivo, plataformas elevadoras, SCADA, telemetría.

Abstract - This research addresses the lack of traceability and operational control in COYSE's aerial work platform fleet, which caused recurring downtime, increased maintenance costs, and safety risks due to misuse and battery mismanagement. A comprehensive telematics monitoring and management system was developed using GPS, IoT technologies, and SCADA architecture, integrating remote control and QR-based

documentation management. The solution was implemented through a modular Telematics Monitoring Unit (UMT) designed for rapid deployment. Experimental results demonstrated reliable operation in telematics hour metering, ignition detection, charger monitoring through galvanic isolation, remote lock/unlock control, and secure access to technical documentation. The project has a strategic impact by transforming asset management, with the potential to reduce operational failures caused by improper use, improve asset traceability, and enhance the fleet's remote monitoring capabilities.

Keywords: aerial platforms, GPS, IoT, predictive maintenance, SCADA, telematics.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital en la industria ha impulsado la adopción de tecnologías de telemetría, sistemas ciberfísicos y plataformas de monitoreo en tiempo real como elementos fundamentales para la gestión inteligente de activos productivos [1].

En este contexto, la convergencia entre el Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas SCADA ha permitido evolucionar los modelos tradicionales de mantenimiento hacia esquemas predictivos basados en condición [2].

En el sector de maquinaria pesada, particularmente en las Plataformas Elevadoras de Personas (PEMP), la trazabilidad y supervisión continua constituyen un requisito esencial para garantizar la seguridad industrial y el cumplimiento normativo [3]. Es decir, diversos estándares internacionales indican que la operación de plataformas elevadoras sin monitoreo adecuado

incrementa significativamente el riesgo de accidentes y fallas mecánicas [4].

El uso de un sistema de monitoreo de señales vitales (SMSV) en maquinaria, como la temperatura, presión de fluidos, consumo, localización o hasta detección de fallas, incrementa el uso efectivo y la vida útil del equipo [5]. Algunas marcas de maquinaria móvil ya cuentan con herramientas digitales de gestión de rendimiento, incluso compatibles con otros fabricantes, las cuales permiten la generación de información relevante en tiempo real para mejorar la seguridad, la productividad y la ecoeficiencia de los equipos y procesos [6].

Sin embargo, cuando se tienen necesidades de control específicas, se requiere la creación de un sistema o aplicación personalizada.

La empresa COYSE enfrenta una problemática estructural asociada a la ausencia de monitoreo telemático en su flota, lo cual se traduce en inoperatividad recurrente por omisión en la recarga de baterías, uso no autorizado y falta de acceso inmediato a documentación técnica [7].

Estudios en ingeniería de mantenimiento reportan que más del 40 % de las fallas en maquinaria móvil están asociadas a prácticas operativas incorrectas y ausencia de monitoreo continuo [8], de modo que, la telemetría basada en GPS permite la geolocalización precisa de activos y la generación de historiales de uso [9]. Mientras que, la integración de plataformas SCADA con arquitecturas IoT permite centralizar la supervisión en tiempo real y habilitar control remoto y generación de alertas [10].

Ahora bien, la digitalización documental mediante códigos QR permite vincular activos físicos con repositorios digitales [11] además, de que la integración electrónica requiere compatibilidad eléctrica y protección contra sobrecargas [12].

Cabe mencionar que, la confiabilidad de redes GSM/GPRS influye en la latencia de los sistemas telemáticos [13]. Por lo que, la adopción de telemetría industrial genera ventajas competitivas y nuevos modelos de negocio [14].

Por lo que el objetivo que se plantea en este proyecto es desarrollar e implementar un sistema de monitoreo y gestión telemática integral para las plataformas elevadoras JLG 3246ES, SKYJACK 4632 y SKYJACK 3219 de la empresa COYSE, mediante la cotización, comparación y selección de dispositivos

GPS y una plataforma de software de marca blanca idónea.

DESARROLLO

El desarrollo del Sistema integral de monitoreo GPS y telemetría para máquinas de elevación, localización, control operativo y seguridad industrial se llevó a cabo mediante un enfoque experimental-aplicado, estructurado en tres fases metodológicas principales: diseño y simulación electrónica, adquisición de componentes e implementación con validación en campo.

1. Fase de diseño y simulación electrónica

Esta etapa tuvo como propósito validar la viabilidad lógica y eléctrica del sistema antes de su implementación física, con el fin de reducir riesgos sobre la maquinaria. Para ello, en primer lugar, se diseñaron los circuitos auxiliares de control, detección y aislamiento mediante el software Proteus. Posteriormente, se modelaron los sistemas de detección de ignición, detección de cargador AC y el mecanismo de bloqueo y desbloqueo remoto mediante relevadores.

Asimismo, se verificó la estabilidad de las señales y la correcta conmutación de las salidas hacia las entradas digitales del módulo GPS, garantizando la compatibilidad funcional entre los subsistemas. De manera complementaria, el multímetro digital se empleó como instrumento principal de medición para validar los niveles de 24 V DC del sistema, la señal de ignición y la presencia de 110 V AC en el cargador, como se muestra en la Figura 1.

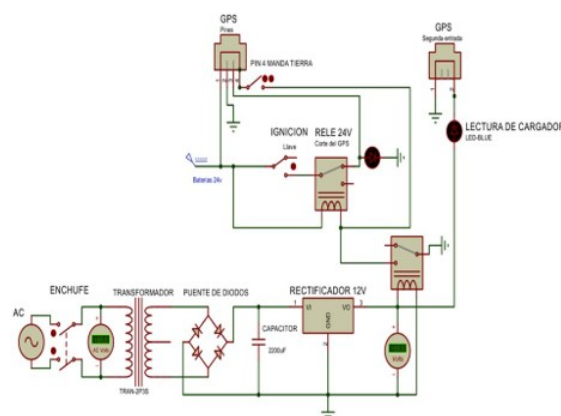


Figura 1. Conexión del funcionamiento eléctrico de los componentes

2. Selección de materiales y componentes

Para la implementación del sistema, se definieron tres categorías principales de recursos:

a) Elementos telemáticos.

- Dispositivos GPS (Concox GT06E, VT100L o VL802)
- Tarjetas SIM
- Plataforma SCADA de marca blanca
- Software de simulación

b) Componentes electrónicos auxiliares.

- Relevadores de 12 V y 24 V DC
- Convertidores AC/DC
- Cableado, fusibles y conectores industriales

c) Herramientas.

- Multímetro digital
- Pinzas ponchadoras
- Herramientas mecánicas de instalación

3. Diseño experimental y validación de hipótesis

Esta fase se orientó a evaluar la funcionalidad del sistema mediante la aplicación de pruebas cuantitativas estructuradas. En primer lugar, se realizaron pruebas de precisión de posicionamiento, en las cuales se comparó la ubicación reportada por el GPS con un punto geográfico de referencia, determinando la diferencia de distancia media para estimar la exactitud del sistema.

Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas de latencia, donde se midió el intervalo de tiempo entre el envío del comando de bloqueo desde la interfaz SCADA y la activación efectiva del relevador en la máquina. A partir de estos datos se calcularon la media y la desviación estándar, con el fin de evaluar el tiempo de respuesta del sistema.

Finalmente, se efectuó la validación funcional integral mediante la verificación de las hipótesis relacionadas con la detección de ignición, la detección de la conexión del cargador y la seguridad del mecanismo de bloqueo remoto. De esta manera, se confirmó el cumplimiento de los criterios operativos definidos para el sistema telemático.

Desarrollo del sistema y arquitectura del kit UMT

El sistema se integró en una Unidad de Monitoreo Telemático (UMT) modular preensamblada, diseñada como un kit de instalación rápida con conexiones simplificadas (positivo, negativo y control de corte, Figura 2).

Este diseño permitió reducir errores de instalación, disminuir los tiempos de montaje y facilitar la estandarización técnica, mejorando la eficiencia del proceso de implementación.

Investigación y definición de criterios operacionales

Se realizó un análisis técnico de plataformas JLG y SKYJACK, así como de dispositivos GPS, con el fin de establecer los criterios funcionales del sistema, entre los que se incluyen:

- Rastreo GPS y trazabilidad.
- Detección de ignición.
- Detección de cargador AC.
- Bloqueo y desbloqueo remoto.
- Generación de bitácora telemática.
- Acceso documental mediante códigos QR.

Adicionalmente, se incorporó una plataforma SCADA de marca blanca para permitir la gestión centralizada y su posible escalabilidad comercial, como se muestra en la Figura 2.

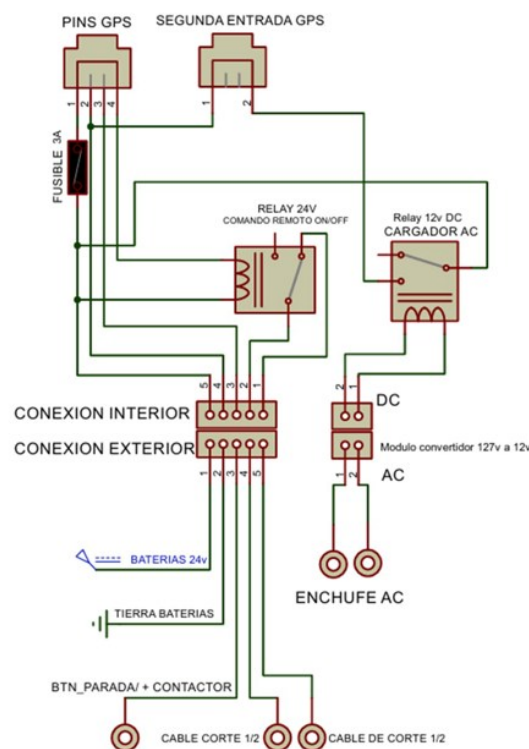


Figura 2. Circuito Simplificado para la conexión del GPS con sus complementos clave

Selección de plataforma de monitoreo

Se evaluaron diversas plataformas de monitoreo (GPSWOX, Xeeva y Fleetcam), seleccionando GPSWOX [15] debido a su capacidad de personalización (marca blanca), compatibilidad con múltiples dispositivos GPS, adecuada relación costo-beneficio y herramientas integradas de monitoreo, control remoto y generación de reportes.

Implementación y validación constructiva

- Instalación en campo.** El sistema se instaló en las plataformas JLG 3246ES, SKYJACK 4632 y SKYJACK 3219. Para ello, se realizaron conexiones eléctricas seguras mediante cableado automotriz y técnica de ponchado, validando cada punto mediante mediciones repetidas.
- Configuración del GPS.** El dispositivo Concox [16] GT06E fue configurado mediante comandos SMS para establecer la conexión con el servidor SCADA, habilitar la transmisión de datos, activar alarmas de ignición y energía, y controlar la salida digital destinada al bloqueo remoto.
- Validación funcional del sistema.** Se verificó el correcto funcionamiento de las siguientes funciones: monitoreo de ubicación en tiempo real, detección de ignición, detección de cargador mediante circuito de aislamiento AC/DC, bloqueo y desbloqueo remoto, y medición de voltaje de batería. En la Figura 3, se puede ver algunas de las plataformas de elevación de tijera, que se utilizaron.



Figura 3. Plataformas de elevación tijera

Diseño mecatrónico de la UMT

La Unidad de Monitoreo Telemático fue diseñada en CAD mediante SolidWorks, integrando todos los componentes en un gabinete de plástico ABS, seleccionado por su transparencia a señales GNSS/GSM y su resistencia mecánica.

El diseño permitió la compactación del sistema, protección tipo IP y una instalación simplificada

mediante cinco conexiones principales. En la Figura 4 se puede ver la caja de Ensamblaje de componentes diseñada en SolidWorks.

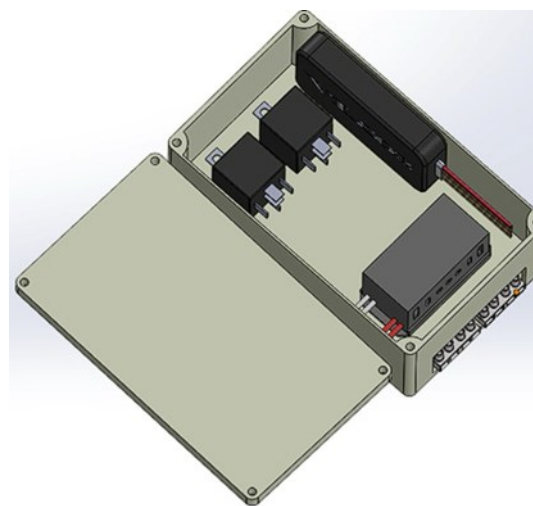


Figura 4. Ensamblaje de componentes en SolidWorks

Integración de sistema documental y códigos QR

Se implementó un sistema digital que vincula cada máquina con sus manuales técnicos, bitácoras, pólizas, estado operativo y acceso a la plataforma SCADA. El acceso a esta información se realiza mediante códigos QR personalizados colocados en cada equipo, facilitando la consulta inmediata en campo.

Después, se implementó un sistema de monitoreo inteligente con alertas en tiempo real y generación de reportes automatizados. Entre los eventos configurados se incluyen: encendido y apagado de la máquina, conexión y desconexión del cargador, corte de energía y reportes diarios de operación.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El Sistema Integral de Monitoreo GPS y Telemetría para máquinas de elevación, control operativo y seguridad industria para la empresa Coyse, permitió evaluar de manera multidimensional el desempeño del sistema propuesto, abordando tanto su viabilidad técnica como su impacto operativo, su confiabilidad funcional y su potencial de escalabilidad industrial. Los resultados obtenidos se analizan a continuación en función de cinco ejes fundamentales: viabilidad técnica, desempeño de la instrumentación, eficiencia del control remoto, inteligencia operativa mediante alertas y valor estratégico del sistema.

1. Viabilidad Técnica

Los resultados de la fase de investigación y diseño confirmaron la factibilidad de integrar un sistema telemático en plataformas elevadoras con arquitectura eléctrica de 24 V DC sin comprometer la integridad de los sistemas originales. Este aspecto es relevante, ya que diversos estudios señalan que la incompatibilidad eléctrica es una de las principales barreras para la implementación de sistemas IoT en maquinaria industrial [1].

La selección de relevadores de 24 V DC y el dimensionamiento del sistema de protección mediante fusible de 3 A y cableado automotriz demostraron ser adecuados para garantizar la seguridad eléctrica y la continuidad operativa. Este diseño cumple con principios de ingeniería eléctrica vehicular y coincide con prácticas recomendadas en sistemas embebidos industriales [8].

Un hallazgo técnico significativo fue la verificación de la capacidad expandida del módulo GPS Concox GT06E. A pesar de su documentación inicial limitada, el dispositivo demostró contar con múltiples entradas digitales reconfigurables mediante comandos SMS, lo cual permitió cumplir con los criterios funcionales sin necesidad de rediseño de hardware. Este resultado evidencia la importancia de la validación experimental sobre la documentación técnica y representa una optimización de costos de implementación.

2. Desempeño de la Instrumentación

Las pruebas de campo demostraron que la instrumentación implementada presenta alta confiabilidad en la captura de variables críticas del sistema:

2.1 Detección de ignición

La señal ACC presentó transiciones estables entre 0 V y 24 V DC, sin ruido eléctrico significativo ni falsas activaciones. La correcta interpretación de esta señal en la plataforma SCADA confirma la robustez del sistema de monitoreo del estado operativo de la máquina.

Este resultado es consistente con investigaciones que señalan que la detección de ignición es una de las variables más críticas para el control de flotas industriales [9].

2.2 Detección del cargador mediante aislamiento galvánico

El circuito de detección del cargador basado en aislamiento AC/DC presentó un desempeño altamente confiable, siendo inmune a condiciones de paro de emergencia. Este resultado es especialmente relevante, ya que garantiza la independencia funcional de los sistemas de seguridad de la máquina.

Desde el punto de vista de mantenimiento, este hallazgo permite prevenir una de las principales causas de fallas en plataformas eléctricas: la descarga profunda de baterías por omisión de carga [3].

2.3 Medición analógica de voltaje de baterías

La implementación del monitoreo analógico del voltaje permitió generar alertas tempranas de caída de tensión, habilitando estrategias de mantenimiento predictivo. Este resultado se alinea con los principios de mantenimiento basado en condición (CBM), donde la medición continua de variables permite anticipar fallas antes de que ocurran [2].

3. Eficiencia del Sistema de Control Remoto

El sistema de bloqueo remoto fue diseñado bajo el principio de intervención no invasiva sobre los sistemas críticos de seguridad de la plataforma. La activación del bloqueo únicamente interrumpe el circuito de control de ignición mediante la salida digital DO1 del dispositivo GPS y un relevador de 24 VDC, evitando modificaciones sobre los circuitos hidráulicos, sensores de seguridad o sistemas de descenso de emergencia.

Las condiciones para la activación del bloqueo remoto son:

- Recepción de un comando autorizado desde la plataforma SCADA.
- Validación del usuario con credenciales registradas.
- Existencia de comunicación activa entre el servidor y el dispositivo GPS.

Durante el estado de bloqueo:

- Se impide la operación normal del equipo.
- Se mantiene disponible el sistema de descenso auxiliar de emergencia.
- No se altera el funcionamiento de los dispositivos de protección originales del fabricante.

Ante una falla de comunicación GSM/GPRS o pérdida de cobertura celular, el sistema conserva el último estado operativo registrado y permite la recuperación local mediante los procedimientos estándar de la plataforma. Esta estrategia evita la generación de condiciones inseguras derivadas de interrupciones de comunicación externas.

Latencia del sistema

El análisis estadístico de latencia evidenció tiempos de respuesta consistentes dentro de rangos aceptables para sistemas de control telemático industrial (menores a 10 segundos). Este desempeño es coherente con sistemas de monitoreo basados en redes GSM/GPRS, donde la latencia depende de la infraestructura de telecomunicaciones [10]. Este resultado valida la hipótesis de que el sistema puede operar como mecanismo de control remoto en tiempo cuasi-real.

4. Inteligencia Operativa Mediante Alertas

Uno de los aportes más relevantes del sistema es la transformación de datos telemáticos en inteligencia operativa mediante un sistema de alertas automatizadas. Las alertas configuradas (ignición, cargador, corte de energía, caída de voltaje y eventos diarios) demostraron:

- Capacidad de detección inmediata de eventos críticos.
- Envío simultáneo de notificaciones visuales y por correo.
- Generación automática de reportes consolidados.

Este enfoque convierte al sistema en una herramienta de gestión proactiva de activos, lo cual coincide con tendencias actuales de industria 4.0 donde el monitoreo en tiempo real permite reducir fallas y optimizar la operación [6].

Además, la configuración del evento de nivel de combustible bajo proyecta la escalabilidad del sistema hacia plataformas de combustión interna, ampliando su aplicabilidad industrial.

5. Valor Estratégico del Sistema

La implementación del sistema de códigos QR representa un aporte innovador en la gestión documental de maquinaria industrial. La integración entre el activo físico y su repositorio digital permite:

- Acceso inmediato a manuales y bitácoras.

- Verificación de mantenimiento.
- Consulta de pólizas y garantías.
- Acceso al sistema SCADA.

Este enfoque fortalece la trazabilidad, la transparencia operativa y la gobernanza de la información técnica, elementos clave en la administración moderna de activos industriales [10].

Impacto operativo y validación en entorno real

En la implementación de plataformas reales se observaron indicios de mejora operativa relacionados con una mayor capacidad de supervisión, control de uso y detección temprana de eventos asociados a la operación de las plataformas.

Diversos estudios reportan reducciones en costos de mantenimiento tras la implementación de soluciones telemáticas. Sin embargo, debido al tiempo limitado de evaluación de este estudio, no fue posible cuantificar dicho impacto económico en la flota analizada [4].

Validación comercial y potencial de escalabilidad

Un resultado de alto valor estratégico fue la validación del sistema en un entorno comercial real. La presentación del sistema a empresas externas generó interés preliminar respecto a la adopción de la solución. Aunque este resultado no constituye una validación comercial concluyente, sí sugiere la existencia de oportunidades futuras para la transferencia tecnológica y la escalabilidad del sistema.

Este resultado posiciona a COYSE no solo como usuario de la tecnología, sino como proveedor potencial de soluciones telemáticas industriales, alineándose con modelos de negocio basados en servicios digitales y monitoreo remoto.

Resultados cuantitativos de validación experimental

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento del sistema telemático implementado, se realizaron pruebas funcionales sobre los principales módulos de monitoreo y control. Debido al carácter piloto de la implementación, la evaluación se centró en la verificación del cumplimiento de los criterios operativos establecidos para cada función. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1. Validación de funciones de monitoreo.

Fuente: Elaboración Propia

Función	Ensayos	Resultado
Detección de ignición	3	Correcta
Detección de cargador	3	Correcta
Reporte GPS	Campo	Correcto

Tabla 2. Validación de funciones de control remoto.

Fuente: Elaboración Propia

Función	Ensayos	Resultado
Bloqueo remoto	10	Exitoso
Desbloqueo remoto	10	Exitoso
Descenso de emergencia	10	Conservado

Los resultados evidencian que las funciones críticas del sistema operaron de manera satisfactoria durante las pruebas realizadas. Particularmente, las pruebas de bloqueo y desbloqueo remoto mostraron un comportamiento consistente en los diez ensayos efectuados, mientras que las funciones de detección de ignición y conexión de cargador registraron una identificación correcta de los eventos evaluados. Asimismo, se verificó que el mecanismo de descenso de emergencia permaneció operativo durante la activación del bloqueo remoto, preservando las condiciones de seguridad requeridas para la operación del equipo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman el cumplimiento del objetivo general, el cual consiste en el desarrollo e implementación de un sistema integral de monitoreo y gestión telemática para plataformas elevadoras de la empresa COYSE, validado en condiciones reales de operación. La solución propuesta demostró viabilidad técnica, funcional y operativa, sustentada en la integración efectiva de herramientas de diseño mecatrónico, instrumentación electrónica y sistemas de información SCADA/IoT.

Desde la perspectiva de la ingeniería aplicada, la Unidad de Monitoreo Telemático (UMT) representó un avance significativo al simplificar el proceso de instalación mediante un diseño modular de cinco conexiones, reduciendo tiempos de montaje y riesgos de error humano. A nivel funcional, el sistema logró una mejora sustancial en la trazabilidad de activos, al permitir el monitoreo en tiempo real de la ubicación, el estado de encendido y el registro del horómetro telemático.

Los resultados experimentales validaron las hipótesis planteadas: el sistema de bloqueo remoto demostró ser seguro y no invasivo para los mecanismos de seguridad esenciales; el circuito de detección del cargador evidenció capacidad efectiva para prevenir fallas operativas por falta de recarga; el protocolo de acceso mediante códigos QR garantizó seguridad, trazabilidad y disponibilidad de la información; y el sistema de control remoto presentó tiempos de respuesta adecuados para aplicaciones industriales.

Por lo que, la solución desarrollada demostró ser técnicamente viable para la supervisión remota de plataformas elevadoras y proporcionó herramientas que pueden contribuir a mejorar la gestión operativa, la trazabilidad de activos y el control de eventos críticos. No obstante, la cuantificación de impactos sobre indicadores como reducción de riesgos, disminución de tiempos muertos o ahorro económico requiere estudios longitudinales adicionales.

Desde una perspectiva estratégica, el proyecto demuestra un alto potencial de escalabilidad y replicabilidad, permitiendo su implementación en la totalidad de la flota de COYSE e incluso su extensión a otros tipos de maquinaria, incluyendo equipos de combustión interna. Adicionalmente, el interés generado por terceros valida su viabilidad como producto comercial, posicionando la UMT como una solución tecnológica con potencial de transferencia al sector industrial.

Por ende, este trabajo evidencia que la integración de la ingeniería mecatrónica con tecnologías de telemetría y gestión digital constituye una estrategia efectiva para la modernización del sector de maquinaria pesada, generando beneficios tangibles en eficiencia operativa, seguridad y valor económico.

Trabajo futuro

Como líneas futuras de investigación se propone:

- Extender la implementación de la Unidad de Monitoreo Telemático al resto de la flota de COYSE.
- Integrar plataformas de combustión interna mediante monitoreo de combustible y parámetros de motor.
- Incorporar algoritmos de mantenimiento predictivo basados en aprendizaje automático y análisis histórico de eventos.
- Realizar estudios longitudinales que permitan cuantificar el impacto económico del sistema en indicadores como disponibilidad, reducción

de tiempos muertos y costos de mantenimiento.

- Implementar protocolos avanzados de ciberseguridad para la autenticación y gestión de comandos remotos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes por el apoyo institucional para el desarrollo de la presente investigación, así como a la empresa COYSE por facilitar el acceso a la infraestructura para la validación experimental.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Lee J, Bagheri B, Kao HA. A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manuf Lett*. 2015; 3:18-23.

[2] Gubbi J, Buyya R, Marusic S, Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements and future directions. *Future Gener Comput Syst*. 2013;29(7):1645-1660.

[3] Occupational Safety and Health Administration. Aerial Lift Safety Guidelines. Washington (DC): OSHA; 2020.

[4] International Organization for Standardization. ISO 23814: Mobile elevating work platforms—Safety principles, inspection, maintenance and operation. Geneva: ISO; 2019.

[5] Felsh W, Arroyo C, Sousa V, Vieira P. Beneficios de la implementación de un sistema de telemetría para la gestión de las operaciones mineras. *Interfaces*. 2018;87-102.

[6] De Beruck J. MyKalmar Insight [Internet]. Kalmar; 2026 [cited 2026 Jun 12]. Available from: <https://www.kalmarlatam.com/>

[7] Mobley RK. An introduction to predictive maintenance. 2nd ed. Burlington (MA): Elsevier; 2002.

[8] Jardine AKS, Tsang AHC. Maintenance, replacement and reliability: theory and applications. Boca Raton (FL): CRC Press; 2006.

[9] Tanenbaum AS, Wetherall DJ. Computer networks. 5th ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall; 2011.

[10] Boyer SA. SCADA: supervisory control and data acquisition. 4th ed. Research Triangle Park (NC): ISA; 2010.

[11] International Organization for Standardization. ISO/IEC 18004: Information technology—Automatic

identification and data capture techniques—QR Code bar code symbology specification. Geneva: ISO; 2015.

[12] Floyd TL. Electronic devices: conventional current version. 9th ed. Upper Saddle River (NJ): Pearson; 2013.

[13] Alcaraz C, Zeadally S. Critical infrastructure protection: requirements and challenges for SCADA systems. *Int J Crit Infrastruct Prot*. 2013; 8:17-27.

[14] Porter ME. Competitive advantage: creating and sustaining superior performance. New York (NY): Free Press; 2014.

[15] GPSWOX. Fleet Management System Documentation [Internet]. GPSWOX; 2024 [cited 2026 Jun 12]. Available from: <https://www.gpswox.com/>

[16] Concox Information Technology Co., Ltd. GT06E User Manual [Internet]. Shenzhen: Concox; 2023 [cited 2026 Jun 12]. Available from: <https://www.iconcox.com/product/>

INVESTIGACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD CON ENFOQUE EN RECURSO HUMANO: UN ESTUDIO EMPÍRICO EN EMPRESAS MANUFACTURERAS DE CD. JUÁREZ

Denisse Gabriela Rivera Mojica¹, Laura Navarro Enríquez², Wendy Nevárez Aguilar³, Usahid Ruiz Nava⁴

¹Profesor de Tiempo Completo en Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Paso del Norte, Chihuahua.
denisse.rivera@utpn.edu.mx, Calle Pez Lucio #10526., Col. Puerto Anapra 32107, Cd. Juárez, Chih. Méx; 656 257-0071

²Profesor de Tiempo Completo en Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Paso del Norte,
laura.navarro@utpn.edu.mx, Calle Pez Lucio #10526., Col. Puerto Anapra 32107, Cd. Juárez, Chih. Méx; 656 257-0071

³Profesor de Asignatura de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, wendy.nevarez@utcj.edu.mx, Av. Universidad Tecnológica No. 3051, Col. Lote Bravo II, C.P. 32695, Cd. Juárez, Chih. Méx; 656 257-0071

⁴Profesor de Asignatura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Jose Jesús Macias Delgado 18100, Ciudad Universitaria, 32000, Cd. Juárez, Chih. Méx; 656 688 2100.

Resumen - El objetivo de esta investigación es determinar los factores críticos de éxito (FCE) relacionada con el factor humano que se realiza en la implementación del sistema de gestión de calidad (SGC). En la primera fase se presentan los resultados de la revisión de literatura realizada para la construcción y validación del cuestionario. En la siguiente fase se presenta la metodología empleada para realizar el análisis factorial, con el propósito de construir el modelo teórico. La validez del constructo se verificó mediante procedimientos estadísticos, aplicada a 6 actividades principales, para la aprobación de las hipótesis planteadas se procedió a realizar análisis factorial confirmatorio. Como objeto de estudio se toma en consideración 62 empresas en Cd. Juárez, Chihuahua.

Palabras Clave: factor crítico de éxito, sistema de gestión de calidad, factor humano, análisis factorial.

Abstract - The objective of this research is to determine the critical success factors (CSFs) related to the human factor that are carried out in the implementation of the quality management system (QMS). In the first phase, the results of the literature review conducted for the construction and validation of the questionnaire are presented. In the next phase, the methodology employed to perform the factor analysis is presented, with the purpose of constructing the theoretical model. The construct validity was verified through statistical procedures, applied to 6 main activities, and to approve the hypotheses posed, a confirmatory factor analysis was carried out. As the object of study, 62 companies in Cd. Juárez, Chihuahua are considered.

Keywords: critical success factor, quality management system, human factor, factor analysis.

INTRODUCCIÓN

En un mercado tan competitivo la adopción de la calidad se ha convertido en un elemento estratégico, como mencionan [1], en una investigación sobre la relación entre la Gestión de la Calidad y el desempeño de las organizaciones, donde concluyen que existe una influencia positiva, entre estas. Sin embargo, a pesar de las investigaciones realizadas sobre temas de calidad, existen pocas investigaciones que determinen los factores críticos de éxito para la implementación del sistema de gestión de calidad (SGC), acorde a un estudio bibliométrico realizado por [2] de 309 artículos analizados solo el 3.24% hacen referencia a este tópico. Los factores críticos que impactan al SGC han sido estudiados en países de Asia como: Pakistán [3], Tailandia [4], Jordania [5], Malasia [6]. Así mismo, [7], menciona que son escasas las investigaciones en las que se detectan estadísticamente los factores críticos de éxito (FCE) en la gestión de calidad total y el impacto de estos.

Al respecto, en la presente investigación se realiza un estudio a 62 empresas de diferentes parques industriales en Cd. Juárez, Chihuahua. El propósito es profundizar en los Factores Críticos de Éxito (FCE) relacionados con el factor humano en el proceso de implementación del Sistema de Gestión de Calidad. Los métodos de investigación utilizados en la búsqueda de estos factores fueron la revisión de la literatura y la encuesta. Posteriormente, para el análisis de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS21 para determinar diferentes claves de éxito desarrollando un modelo Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) y finalmente realizar una correlación de los datos obtenidos de cada elemento

con el factor Gestión de la Calidad, para determinar su grado de influencia en las empresas de Ciudad Juárez.

Problema y objetivos

Acorde a los párrafos anteriores, es claro que a pesar la popularidad y la inmensa literatura sobre los Sistemas de Gestión de Calidad a nivel mundial, aún se desconocen cuáles son los factores de éxito que realmente impactan para su sostenibilidad. La presente investigación tiene por objetivo determinar esos factores de éxito relacionados con el factor humano para la implementación del Sistema de Gestión de Calidad.

De acuerdo con los aportes de artículos y publicaciones existentes encontradas en una revisión bibliográfica, que contribuyen a la implementación exitosa del sistema de gestión de la calidad enfocados en el recurso humano se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores Críticos de Éxito en Gestión de Calidad Enfocados al Recurso Humano

Factores	Autores	Total
Compromiso gerencial	[8],[10],[11],[12],[13], [14],[15],[16],[17]	9
Participación del personal	[11],[13],[14],[15],[16],[18],[7]	7
Enfoque al cliente	[9],[10],[12],[14],[17], [19]	6
Entrenamiento	[8],[11],[13],[15],[18]	5
Administración del recurso	[10],[11],[12], [13],[15]	5
Motivación del personal	[11],[12],[15],[16],[18]	5
Comunicación	[10],[12],[13],[14],[17]	5
Liderazgo	[8],[9],[18],[7]	4
Trabajo en equipo	[12],[15],[16],[17]	4
Cultura de calidad	[12],[13],[7]	3
Adaptación al cambio	[8],[7]	2
Satisfacción del empleado	[12]	1
Concientización del Personal	[13]	1
Salario supervisión efectiva	[19]	1

De los cuáles el que tuvo mayor coincidencia entre fue la actividad de compromiso gerencial, seguida por

participación del personal y enfoque al cliente entre otros.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es encontrar las actividades que son necesarias relacionadas a los factores humanos en el proceso de la implementación del (SGC), desarrollar un modelo de Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) y efectuar una correlación de las variables encontradas con el Sistema de Gestión de Calidad.

Hipótesis

Para lograr el objetivo en base al problema definido, se decidió estudiar únicamente lo (FCE) asociados a la implementación del sistema de gestión de calidad relacionados con el factor humano los cuáles son mostrados en la Tabla 1 y se agruparon en 6 actividades principales, como consecuencia se proponen las siguientes hipótesis:

H_1 : Compromiso Gerencial tiene una relación positiva y significativa en el factor del sistema de gestión de calidad.

H_2 : Enfoque al cliente tiene una relación positiva y significativa en el factor del sistema de gestión de calidad.

H_3 : Entrenamiento tiene una relación positiva y significativa en el factor del sistema de gestión de calidad.

H_4 : La participación de los empleados tiene una relación positiva y significativa en el factor del sistema de gestión de calidad.

H_5 : Motivación del personal tiene una relación positiva y significativa en el factor del sistema de gestión de calidad.

H_6 : Comunicación organizacional tiene una relación positiva y significativa en el factor del sistema de gestión de calidad.

Factores Críticos de Éxito para la implementación del Sistema de Gestión de Calidad

Romero et al. (2009) define los FCE como variables que se deben tomar en cuenta antes y durante la realización de un proyecto, ya que aportan información valiosa para alcanzar las metas y objetivos de la empresa. Para Lynch (2003), FCE son los elementos de una organización que son esenciales para ser competitivos. Saraph, Benson y Schroeder (1989), mencionan que los factores son áreas críticas de la planeación y acción de la dirección que deben practicarse para lograr una efectiva gestión de la calidad en una unidad de negocios.

En base a las definiciones anteriores se puede concluir que los Factores Críticos del Éxito son componentes o elementos clave de una organización, transformados en variables donde sus valores en cierto momento son considerados críticos.

DESARROLLO

La metodología utilizada en este proyecto de investigación se basa en la recopilación de datos realizada en seis fases que se explican en los siguientes párrafos.

Fase 1: Identificación de los factores críticos de éxito

La fase inicial fue la selección de los elementos para implementar SGC basados en el recurso humano a través de una revisión de la literatura en diferentes bases de datos como ScienceDirect, Elsevier, EBSCOhost, entre otros. Se obtuvieron 14 variables citados por diferentes autores, los cuales fueron dimensionados en 6 factores.

Fase 2: Construcción y validación del cuestionario

Para la investigación se elaboró un cuestionario basado en la revisión de literatura y por expertos de diferentes maquiladoras de Juárez para la validación del contenido. Se realizaron un total de 29 preguntas relacionadas con los factores críticos obtenidos, para implementar el sistema de gestión de calidad y se realizaron cinco preguntas demográficas.

El cuestionario fue respondido en una escala Likert, que comprende entre 1 y 5 [22], se utilizó esta escala debido a estudios similares realizados, en la Tabla 2 muestra la escala utilizada, respondiendo a la pregunta global: ¿Qué importancia ha tenido para usted lo siguiente? Así mismo, se dejó un espacio en blanco en la sección final para agregar comentarios de las personas encuestadas, que buscan obtener cualquier anuncio de alguna actividad particular que, en su propia experiencia, es importante en el contexto mexicano y que fue ignorado en la encuesta original. Se hicieron algunas modificaciones a la encuesta original, pero relacionados con la semántica y la sintaxis.

Sin actividades adicionales. La parte final del cuestionario contiene preguntas sobre la demografía del participante y la empresa en la que trabaja como sector empresarial al que pertenece, género, antigüedad, puesto, entre otros.

Tabla 2. Escala Likert utilizada

Actividad	Puntuación
No importante	1
Ligeramente importante	2
Regularmente importante	3
Importante	4
Muy importante	5

Las actividades encontradas en la revisión de la literatura y los ítems para la aplicación de la encuesta son descritas en los siguientes párrafos, las cuales están enfocadas a determinar los factores que influyen para la implementación exitosa del sistema de gestión de calidad.

Compromiso gerencial: COMGE [8], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17].

- La dirección proporciona los recursos necesarios para programas del sistema de gestión de calidad (económica, espacio físico, tiempo).
- Existe un liderazgo por parte de la gerencia para la implementación del sistema de gestión de calidad.
- Existe apoyo y compromiso por la alta dirección.
- Hay retroalimentación y buen desempeño por parte de los líderes.

Comunicación: COMUNI [10], [12], [13], [14], [17].

- Se realizan reuniones donde los trabajadores pueden expresar sus ideas u opiniones.
- Se comunica a los trabajadores sobre aspectos estratégicos, económicos y políticas de la empresa.
- Hay comunicación entre gerentes, direcciones y sus áreas.
- La gerencia comunica a sus trabajadores si están haciendo un buen trabajo o no.
- Existe un sistema para hacer sugerencias de mejora de producto/proceso o resolver problemas: círculos de calidad, esquemas de sugerencias en grupos u otro.

Motivación: MOTIVA [11], [12], [15], [16], [18].

- Los participantes en los proyectos para la implementación del sistema de gestión de calidad muestran una actitud positiva para realizar cambios.

- Cada persona de la empresa está motivada y comprometida con el sistema de gestión de calidad.
- Los miembros del equipo son reconocidos por sus logros y su esfuerzo.
- Considera que la remuneración económica es un factor determinante para su desempeño.

Entrenamiento: ENTRENA [8], [11], [13], [15], [18].

- Los directivos de la empresa reciben formación de trabajo en equipo, proceso de resolución de problemas y sistemas de gestión de calidad.
- Existe un esfuerzo por tener una organización que aprenda sobre los sistemas de gestión de calidad.
- La organización tiene una cultura que fomenta el cambio.
- Los empleados cuentan con habilidades y experiencia en el sistema de gestión de calidad.

Enfoque a cliente: ENFOCLI [9], [10], [12], [14], [17], [19].

- La empresa cumple con los plazos y las cantidades prometidas.
- La empresa responde a las necesidades del cliente.
- Al estar certificados en alguna norma ISO, aumenta la satisfacción del cliente.
- Se aplican metodologías para entender la voz del cliente

Empleados: EMPLE [25], [26], [27].

- Al implementar el sistema de gestión de calidad mejora la actitud y la competencia de los directivos y equipos de trabajo.
- La implementación del sistema de gestión de calidad incrementa la motivación del personal y autoestima.
- La empresa fomenta una cultura de calidad en sus empleados basados en confianza e integridad.
- Al implementar el sistema de gestión de calidad considera que se reducen los hallazgos encontrados en el personal

Para la validación del cuestionario se utilizó el índice alfa de Cronbach [17], es un índice utilizado para medir la confiabilidad del tipo de consistencia interna de una escala, para evaluar el grado de correlación de los ítems de un instrumento [18]. Según [18], el valor mínimo

aceptable para el alfa de Cronbach es de 0,70; Por debajo de este valor, la consistencia interna de la escala utilizada es baja. Además, el valor máximo esperado es de 0,90, por encima de este valor se considera como redundancia o duplicación.

Fase 3: Aplicación de cuestionario

La muestra que se tomó para aplicar el cuestionario está conformada por 158 personas las cuales están involucradas, en áreas de calidad, recursos humanos o hayan participado en auditorias, entre otras. El tamaño de muestra se seleccionó acorde a la propuesto por [19] el cual menciona que el tamaño de la muestra debe ser al menos de 3 a 5 veces el número de variables o ítems del instrumento, aunque recomiendan que 5 a 10 veces es más adecuado para obtener resultados más estables. La encuesta se realizó en 62 industrias manufacturera de un total de 413 establecidas, acorde a la información del IMIP-Directorio Georreferenciado de Parques, Zonas Industriales e Industrias en Ciudad Juárez, con diversos sectores comerciales; La recolección de datos se realizó mediante la aplicación de forms en office 365.

Fase 4: Análisis descriptivo de la información

Después de la aplicación de la encuesta y la captura de datos para el análisis de la información utilizada se utilizó el programa SPSS21. Para determinar la factibilidad del análisis factorial se examinó la matriz de correlaciones, la cual permitirá tener una idea del potencial éxito del análisis factorial es comprobar si un número de correlaciones por encima de 0.3 [28] y cuyo p-value deben ser menores a 0.05.

Posteriormente se obtuvo el índice KMO para medir la correlación entre las variables se aplicó la esfericidad de Barlett. La medida KMO de adecuación muestral (Kaiser-Meyer-Olkin) comprueba si las correlaciones parciales entre las variables son lo suficientemente pequeñas. Compara la magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación.

El estadístico KMO varía entre 0 y 1. Kaiser, Meyer y Olkin advierten que si $KMO \geq 0.75$ la idea del análisis factorial es buena, si $0.75 > KMO \geq 0.5$ la idea es aceptable y si $KMO < 0.5$ es inaceptable [20], posteriormente se analizaron los puntos en común para cada una de las actividades.

Fase 5: Análisis factorial

Se realizó un análisis factorial, el método de extracción factorial utilizado fue el componente principal, el

objetivo es explicar la mayor parte de la variabilidad total de todas las variables, con el menor número posible de factores comunes como criterio para determinar el número de factores se utilizó el criterio auto valores mayores a uno [17]. Con el fin de obtener una mejor comprensión de los factores se realizó mediante el método Varimax la rotación de los factores extraídos para facilitar la interpretación de los mismos.

Fase 6: Modelo de ecuaciones estructurales

Existen diferentes técnicas que muestran la relación entre variables, como análisis de regresión múltiple, análisis de clúster, modelos de redes entre otros. Para el presente estudio se decidió utilizar la técnica de modelo de ecuaciones estructurales (MEE), para lo cual se utilizó el software AMOS21. Este tipo de técnica, ha sido utilizado en otros autores para la gestión de calidad en la cadena de suministro [21], para estudios de los factores socioculturales y ergo ambientales en la satisfacción laboral [22]

Según [23], los modelos de ecuaciones estructurales son una familia de modelos estadísticos multivariados que estiman el efecto y las relaciones entre múltiples variables. En el modelo de ecuaciones estructurales, los óvalos representan variables latentes y los rectángulos son las actividades que se observaron o midieron.

Para medir la eficiencia del modelo de ecuaciones estructurales se utilizó el valor de chi – cuadrado, los grados de libertad del modelo y la relación entre los dos parámetros. Con el fin de obtener un modelo suficientemente explicativo, se utilizó el índice de bondad de ajuste. También se analizó el índice de ajuste comparativo con el fin de analizar la mejora de un modelo a otro, también se buscó mantener una medida aceptable de la raíz cuadrática media residual.

Por último, se comprobó la adecuación del tamaño de la muestra y se garantizó que las modificaciones fueran válidas con el índice crítico de Hoelter.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el periodo de recolección de datos se obtuvieron un total de 200 cuestionarios de los cuales se tomaron como válidos 158, los cuales provenían de 62 empresas ubicadas en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Los puestos donde 62 encuestados pertenecían a ingenieros, 44 técnicos de ingeniería, 22 gerentes, 15 supervisores, 9 operarios y 6 administrativos. Los encuestados eran de ambos sexos, donde el 69% eran hombres y el 31% mujeres.

Validación del cuestionario: Para la construcción de la escalas e identificación de ítems se obtuvo el índice alfa de Cronbach a los 29 ítems iniciales, se pudo observar que eliminando algunos de los ítems la consistencia interna mejoraba, quedando finalmente 22 ítems, ver Tabla 3, acorde a los resultados con el índice Alpha de Cronbach de 0.881, se puede decir que el instrumento tiene una alta confiabilidad.

Tabla 3. Validación del Instrumento con Prueba de Confiabilidad

Cronbach's Alpha	Cronbach's Standardized	Alpha Base on Items N of Items
0.881	.881	22

Para la factibilidad del análisis factorial exploratorio (AFE) de las actividades, se obtuvo un valor de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) de 0.870, lo cual acorde a [24], indica que es conveniente aplicar el AFE y la prueba de esfericidad de Bartlett dio un valor de Chi-cuadrado de aproximadamente 2121.723, con 406 grados de libertad que representan una significancia de 0,000 y el valor que determina la matriz de correlación fue de 0,000. Por lo tanto, se investigó la viabilidad del análisis factorial y se procedió a aplicarlo.

De acuerdo con los resultados obtenidos se discutirán los 6 componentes, en la Tabla 4 se muestra el valor de cada uno de los eigenvalores, la varianza explicada para cada uno y la varianza acumulada.

Tabla 4. Total de la varianza explicada análisis por componentes principales

COMPONENTE	EIGENVALOR	%VARIZANZA	%ACUMULADO
1 COMGER	7.775	36.898	36.898
2 MOTIVA	2.705	9.049	45.954
3 COMUNI	1.519	7.735	53.682
4 ENTRENA	1.323	5.735	59.417
5 ENFOCLI	1.256	3.151	62.568
6 EMPLA	1.169	2.533	65.101

Como se puede observar en la tabla anterior los 6 componentes explican un 65.101 % de la varianza total de los 22 ítems analizados, puesto que los valores son mayores a la unidad.

Con la información anterior, los ítems identificados se ajustaron a cada componente, para lo cual se utilizó la matriz de componentes rotados, tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Matriz de Componentes Rotados de Actividades(items)

Component	Item	Factor Load	Component Description
1	Existe un liderazgo por parte de la gerencia para la implementación del sistema de gestión de calidad.	0.760	Compromiso gerencial: Este componente está relacionado con el nivel de compromiso de la alta dirección y los jefes de departamento para alcanzar los objetivos planificados con respecto a sistema de gestión de calidad, como proporcionar los recursos necesarios y motivar al personal de la empresa.
	La dirección proporciona los recursos necesarios para programas del sistema de gestión de calidad (económica, espacio físico, tiempo).	0.811	
	Hay retroalimentación y buen desempeño por parte de los líderes.	0.757	
	La gerencia comunica a sus trabajadores si están haciendo un buen trabajo o no. *	0.780	
2	Se realizan reuniones donde los trabajadores pueden expresar sus ideas u opiniones.	0.683	Comunicación: Se refiere al intercambio de ideas, información y opiniones entre los empleados de la organización.
	Se comunica a los trabajadores sobre aspectos estratégicos, económicos y políticas de la empresa.	0.580	
	Hay comunicación entre gerentes, direcciones y sus áreas.	0.659	
3	Los participantes en los proyectos para la implementación del sistema de gestión de calidad muestran una actitud positiva para realizar cambios.	0.714	Motivación: Este componente se refiere al impulso y sostiene el compromiso y la participación de todos los miembros de la organización.
	Existe apoyo y compromiso por la alta dirección. *	0.770	
	Cada persona de la empresa está motivada y comprometida con el sistema de gestión de calidad.	0.619	
	Los miembros del equipo son reconocidos por sus logros y su esfuerzo.	0.850	
	La organización tiene una cultura que fomenta el cambio. *	0.750	
4	Existe un esfuerzo por tener una organización que	0.701	Entrenamiento: Este componente se refiere a los

	aprenda sobre los sistemas de gestión de calidad.		planes de capacitación para garantizar que el personal esté suficientemente calificado para hacer frente a los desafíos de la organización.
	Los empleados cuentan con habilidades y experiencia en el sistema de gestión de calidad.	0.659	
	Al estar certificados en alguna norma ISO, aumentas la satisfacción del cliente. *	0.660	
	Los directivos de la empresa reciben formación de trabajo en equipo, proceso de resolución de problemas y sistemas de gestión de calidad.	0.872	
5	Al implementar el sistema de gestión de calidad mejora la actitud y la competencia de los directivos y equipos de trabajo.	0.690	Empleados: Este componente se relaciona con los valores y formas de pensar que caracterizan el comportamiento del personal en todos los niveles de la empresa.
	La implementación del sistema de gestión de calidad incrementa la motivación del personal y autoestima.	0.718	
6	La empresa responde a las necesidades del cliente.	0.796	Enfoque al cliente: Identificación de las necesidades del cliente y atención dedicada.
	Se aplican metodologías para entender la voz del cliente.	0.661	
	La empresa cumple con los plazos y las cantidades prometidas.	0.654	
	Existe un sistema para hacer sugerencias de mejora de producto/proceso o resolver problemas: círculos de calidad, esquemas de sugerencias en grupos u otro. *	0.750	

La tabla anterior muestra la rotación mediante el método varimax (ortogonal), esta técnica se genera con el objetivo de una mejor interpretación de los componentes principales.

Finalmente se procedió a realizar el análisis factorial confirmatorio (AFC) este procede a ajustar las cargas tanto como sea posible [19]. El AFC arroja un nivel de confianza para poder rechazar o no las hipótesis. Para el análisis factorial se utilizó AMOS (Analysis of Moment Structures) con este modelo se probarán las hipótesis planteadas en la presente investigación.

El modelo de ecuaciones estructurales mostrados en la Figura 1, presenta el análisis de los factores que influyen en el Sistema de Gestión de Calidad. Mostrando que el constructo con mayor carga factorial es el compromiso gerencial, con un coeficiente aproximado a 0.93 manteniendo una relación positiva con el Sistema de gestión de calidad. Así mismo la motivación presenta una relación significativa con un valor cercano a 0.75, seguido del entrenamiento con una carga factorial de 0.72. Acorde a [19], las cargas factoriales se esperan que sean mayor a 0.70 lo cual indica que es una relación muy buena entre una variable observada y el factor latente, así mismo menciona que cargas entre 0.50 y 0.69 son cargas aceptables como es el caso de comunicación con una carga factorial de 0.60, empleados con una carga factorial de 0.68 y el enfoque a cliente con una carga de 0.69.

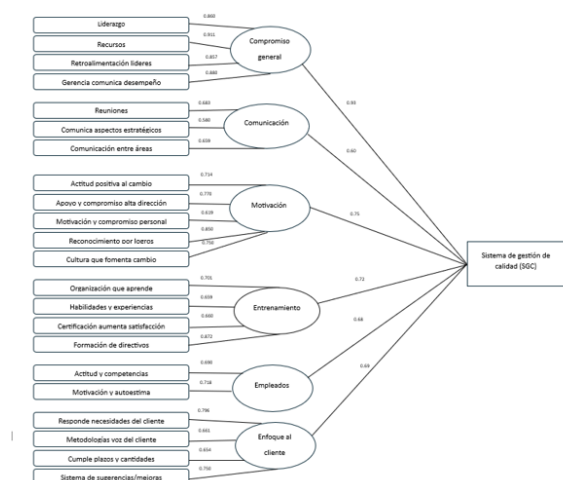


Figura 1. Modelo de ecuaciones estructurales

Los resultados del modelo de ecuaciones estructurales muestran que el compromiso gerencial es el factor con mayor influencia sobre el Sistema de Gestión de Calidad (SGC), con una carga factorial de 0.93, indicando una relación altamente positiva y significativa. Esto demuestra que el liderazgo, la asignación de recursos y la comunicación de la dirección son fundamentales para fortalecer el SGC. La motivación presentó una carga factorial de 0.75, evidenciando que el reconocimiento, el compromiso personal y la actitud positiva al cambio favorecen la implementación de prácticas de calidad dentro de la organización.

De igual manera, el entrenamiento obtuvo una carga de 0.72, confirmando que la capacitación y el desarrollo de habilidades contribuyen significativamente al desempeño del sistema de calidad.

Por otro lado, los factores comunicación (0.60), empleados (0.68) y enfoque al cliente (0.69) mostraron relaciones aceptables con el SGC, de acuerdo con los

criterios establecidos en la literatura, donde valores entre 0.50 y 0.69 son considerados adecuados.

En general, los resultados indican que los factores relacionados con liderazgo, motivación y capacitación son los elementos más importantes para fortalecer un Sistema de Gestión de Calidad eficiente y orientado a la mejora continua en la industria en Cd. Juárez.

Se considera que los resultados podrían resumirse en una guía de implementación del monitoreo de futuras aplicaciones, así mismo, incluyen datos para una posible investigación futura.

CONCLUSIONES

La presente investigación permitió identificar los Factores Críticos de Éxito relacionados con el factor humano que influyen en la implementación del Sistema de Gestión de Calidad (SGC), el análisis en la revisión de literatura encontrando las seis variables estudiadas de manera conceptual y empírica en empresas manufactureras de Ciudad Juárez, Chihuahua. En los resultados tanto en la revisión de literatura como en análisis factorial predomina el compromiso gerencial con mayor carga, así mismo, la motivación y el entrenamiento mostraron cargas factoriales altas, confirmando que la capacitación, el reconocimiento al personal y la disposición al cambio fortalecen la cultura de calidad dentro de las organizaciones. Por otra parte, el instrumento utilizado mostró una alta confiabilidad estadística, reflejada en el índice Alfa de Cronbach de 0.881 y un valor KMO de 0.870, validando la consistencia y pertinencia del modelo propuesto.

En conclusión, los resultados confirman que los factores humanos representan elementos fundamentales para el éxito y sostenibilidad de los Sistemas de Gestión de Calidad. Por ello, las organizaciones deben fortalecer el liderazgo directivo, fomentar la capacitación continua, promover la motivación del personal y mejorar la comunicación organizacional para incrementar la competitividad y la eficiencia en sus procesos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ramiro Esqueda Walle. Jesús Marmolejo Rodríguez, Angélica De la Cruz Coronado y Karla González Torres (2016): "Análisis de la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad y su efecto en el Desempeño Organizacional", Revista Contribuciones a la Economía (octubre diciembre 2016).
- [2] Ormaza Cevallos, Miguel & Guerrero-Baena, María. (2021). Gestión de calidad y crecimiento empresarial: Análisis bibliométrico. Revista Venezolana de Gerencia. 26. 318-333. 10.52080/rvg93.22.

- [3] Tahir, M. (2017). A Study of Critical Success Factors for ISO9001 Implementation in the. *Journal of Social Sciences and*, 18-24.
- [4] Aueaungkul, A. (2013). An investigation of Critical Success Factors and Thai cultural impact. Obtenido de School of Information Systems and Technology: <http://ro.uow.edu.au/theses/3899>
- [5] Bani Ismail, L. (Mayo de 2012). An evaluation of the implementation of Total Quality Management (TQM) ,within the construction. Doctoral thesis, University of :<http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/14055/>
- [6] Al-Rawahi, A. &. (2011). Investigating the Association between Organizational Differences and the implementation of ISO 9001:2000. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Managemen*, 1086-1091.
- [7] Rositas, J. (2012). Factores Críticos de Éxito en la Gestión de Calidad Total en la Industria Manufacturera. *Redalyc*, 181-193.
- [8] Jamaluddin, Z., Razali, A., Mustafa, Z., & Rashid, M. (2016). Quality Management Practices and Performance Measurement in the Manufacturing
- [9] Zakuan, N., Yusof, S., Saman, M., & Shaharoun, A. (2010). Confirmatory Factor Analysis of TQM practices in Malaysia and Thailand Automotive Industries. *International journal of Business and Management*.
- [10] Sila, I. (2007). Examining the Effects of Contextual Factors On TQM and Performance Through the Lens of Organizational. *Journal of Operations Management*, 83-109.
- [11] Tahir, M. (2017). A Study of Critical Success Factors for ISO9001 Implementation in the. *Journal of Social Sciences and*, 18-24.
- [12] Sila, I., & Ebrahimpour, M. (2002). An investigation of the total quality management survey based research published between 1989 and 2000: A literature review. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 902-970.
- [13] Al-Rawahi, A. &. (2011). Investigating the Association between Organizational Differences and the implementation of ISO 9001:2000. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Managemen*, 1086-1091.
- [14] Samat, N., & Ramayah, &. T. (2006). TQM practices, service quality, and market orientation: Some empirical evidence from a developing country. *Management Research News*, 713-728.
- [15] Chen, Y.C. y Chen, C.C. (2009). A model of factors moderating the relationship between New Product Development and company Performance, *Journal of Social Behavior and Personality*, 37, 1043–1050.
- [16] Wahid, R. (2010). BEYOND CERTIFICATION: THE MAINTENANCE OF ISO 9000 IN MALAYSIAN SERVICE ORGANISATIONS. Obtenido de <http://waikato.researchgateway.ac.nz/>
- [17] Coleman, S., & Douglas, A. (2003). Where next for ISO 9000 companies?. *The Total Quality Management Magazine*, 88-92.
- [18] Saraph, J., Benson, P. G., y Schroeder, R. G. (1989). An instrument for measuring the critical factor of quality management. *Decision sciences*, 810-829
- [19] Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage
- [20] Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3.^a ed.). McGraw-Hill.
- [21] Lin C, Chow W, Madu CN, Kuei CH, Pei YP (2005) A structural equation model of supply chain quality management and organizational performance. *Int J Prod Econ* 96(3):355–365
- [22] Escobedo Portillo, María Teresa; Hernandez Gomez, Jesús Andrés; Estebane Ortega, Virginia y Martinez Moreno, Guillermina. Modelos de ecuaciones estructurales: Características, fases, construcción, aplicación y resultados. *Cienc Trab.* [online]. 2016, vol.18, n.55, pp.16-22.
- [23] Ruiz MA, Pardo A, San Martín R. Modelos de ecuaciones estructurales. *Papeles del Psicólogo*. 2010;31(1):34-45
- [24] Pardo, M. (2002). *Guía para el análisis de datos*. Madrid: McGraw-Hill.

ANÁLISIS SISTÉMICO DE FACTORES ENDÓGENOS Y EXÓGENOS QUE INCIDEN EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MEDIANA MINERÍA EN MÉXICO

Álvaro Emilio Arroyo Vázquez ¹, Josué Miguel López Castillo ²

¹ Estudios Doctorales en Alta Dirección y Negocios; Estudios Doctorales en Administración; Maestría en Desarrollo Organizacional, Maestría en Administración de Personal; Universidad de Guanajuato, División de Ciencias Económico, Departamento de Estudios Organizacionales; alvaro.arroyo@ugto.mx; Cel 4737560100; Calle Huizache L13 M 31; C.P. 36256, Col Cerro de la Campana, en Guanajuato, Gto.; ORCID ID: 0009-0002-8559-2238

² Estudios Doctorales en Alta Dirección y Negocios; Maestría en Ingeniería Industrial; TecNM Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, División de Ingenierías; Departamento de Ingeniería Industrial; Universidad del País Innova; jmlopezc87@gmail.com; Cel. 2288488313; Naranjas No. 30 Col. Niños Héroes, CP 91015, Xalapa, Ver.; ORCID ID: 0009-0005-1725-7456.

Resumen - El análisis de la productividad en la mediana minería en México ha sido abordado tradicionalmente desde una perspectiva técnica centrada en indicadores operativos, lo cual limita la comprensión integral del fenómeno productivo. El presente estudio tiene como objetivo analizar las asociaciones entre factores endógenos y exógenos que inciden en la productividad, a partir de un enfoque sistémico aplicado a empresas de este segmento. La investigación se desarrolló bajo un diseño cuantitativo, no experimental y de corte transversal, mediante la aplicación de un instrumento estructurado de 55 ítems a una muestra de 65 participantes del sector minero, incluyendo directivos, supervisores y personal operativo. La confiabilidad del instrumento, evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, alcanzó un valor de $\alpha = .969$, evidenciando alta consistencia interna. Asimismo, el análisis factorial exploratorio mostró una estructura adecuada por bloques, con valores de KMO entre .632 y .858. Los resultados identifican asociaciones significativas entre factores internos como liderazgo, capacitación, gestión de procesos, seguridad y uso de tecnología, y la productividad percibida, así como relaciones relevantes con factores externos vinculados al entorno regulatorio, la volatilidad del mercado de los metales y la relación con comunidades. Se concluye que la productividad en la mediana minería debe comprenderse como un sistema integrado, en el que la interdependencia entre factores organizacionales y del entorno configura el desempeño operativo. Este enfoque permite identificar áreas críticas de intervención y fortalecer la toma de decisiones estratégicas en el sector.

Palabras Clave: análisis factorial, enfoque sistémico, factores endógenos, factores exógenos, mediana minería, productividad minera.

Abstract - Productivity analysis in medium-scale mining in Mexico has traditionally been approached from a technical perspective focused on operational

indicators, limiting a comprehensive understanding of the productive phenomenon. This study aims to analyze the associations between endogenous and exogenous factors affecting productivity, based on a systemic approach applied to companies within this segment.

The research was conducted using a quantitative, non-experimental, cross-sectional design, through a structured instrument consisting of 55 items applied to a sample of 65 participants from the mining sector, including managers, supervisors, and operational personnel. The instrument's reliability, assessed using Cronbach's Alpha, reached a value of $\alpha = .969$, indicating high internal consistency. Additionally, exploratory factor analysis revealed a consistent structure across blocks, with KMO values ranging from .632 to .858.

The results identify significant associations between internal factors such as leadership, training, process management, safety, and technology use, and perceived productivity, as well as relevant relationships with external factors related to the regulatory environment, metal market volatility, and community relations.

It is concluded that productivity in medium-scale mining should be understood as an integrated system, where the interdependence between organizational and environmental factors shapes operational performance. This perspective enables the identification of critical intervention areas and supports strategic decision-making in the sector.

Keywords: endogenous factors, exogenous factors, exploratory factor analysis, medium-scale mining, mining productivity, systemic approach.

INTRODUCCIÓN

La industria minera constituye uno de los sectores estratégicos de la economía mexicana, tanto por su contribución al producto interno bruto como por su impacto en el empleo formal, la generación de divisas y el desarrollo regional. De acuerdo con información

reciente, la actividad minero-metalúrgica mantiene una participación relevante dentro del PIB industrial, además de generar empleos con niveles salariales superiores al promedio nacional, consolidándose como una actividad clave en diversas entidades del país donde representa una de las principales fuentes de desarrollo económico [1].

En este contexto, la minería no solo cumple una función económica, sino también social, al dinamizar cadenas productivas, fomentar el desarrollo de proveedores locales y generar condiciones de crecimiento en regiones donde pocas actividades económicas tienen presencia sostenida. Sin embargo, este papel estratégico se encuentra condicionado por múltiples factores que afectan su desempeño, particularmente en términos de productividad.

A pesar de su importancia, la industria minera enfrenta desafíos estructurales asociados a la productividad, derivados de la complejidad operativa de sus procesos, la variabilidad geológica de los yacimientos, las exigencias crecientes en materia de seguridad y medio ambiente, así como de un entorno económico caracterizado por la volatilidad de los precios de los metales y una mayor presión regulatoria [2]. Estos elementos configuran un escenario en el que las organizaciones mineras deben adaptarse constantemente para mantener su competitividad y sostenibilidad operativa.

Este escenario también se relaciona con los retos de sostenibilidad y desarrollo que enfrenta la minería en América Latina, donde las empresas deben equilibrar productividad, cumplimiento normativo, responsabilidad social y continuidad operativa [14], [15].

Dentro de este panorama, la mediana minería ocupa una posición intermedia en la estructura del sector, con una participación significativa en la generación de empleo y en la dinamización de economías regionales. Este segmento, si bien no cuenta con las economías de escala de la gran minería, tampoco presenta las limitaciones extremas de la minería artesanal, lo que le otorga características particulares en términos de operación, gestión y capacidad de adaptación. No obstante, enfrenta restricciones importantes en acceso a capital, adopción tecnológica y consolidación de estructuras organizacionales robustas [3].

En el caso mexicano, reportes sectoriales recientes permiten dimensionar la relevancia económica de la minería y la necesidad de analizar con mayor detalle sus distintos segmentos productivos [13], [20]. Esta mirada resulta importante porque la mediana minería,

aun cuando no siempre aparece desagregada con suficiente claridad en las estadísticas oficiales, participa en cadenas de valor regionales, empleo especializado y proveeduría local, lo que justifica su análisis como objeto de estudio específico.

A pesar de su relevancia económica y social, la mediana minería ha sido escasamente abordada en la literatura académica, la cual se ha concentrado principalmente en la gran minería o en la minería artesanal y de pequeña escala. Esta situación ha generado un vacío analítico respecto a los factores que explican su desempeño productivo, limitando la comprensión de sus dinámicas internas y externas, así como la identificación de estrategias específicas de mejora.

Tradicionalmente, la productividad minera ha sido analizada desde un enfoque técnico, centrado en indicadores como el volumen de producción, la recuperación metalúrgica, la disponibilidad mecánica de los equipos y los costos unitarios de operación. Si bien estos indicadores resultan fundamentales para evaluar la eficiencia operativa, ofrecen una visión parcial del fenómeno productivo, al no considerar la influencia de factores humanos, organizacionales y del entorno en el desempeño global de las operaciones [4].

En años recientes, diversos estudios han señalado que la productividad organizacional debe entenderse como un fenómeno multidimensional, influido por la interacción de variables internas, como el liderazgo, la capacitación, la gestión de procesos, la seguridad industrial y el uso de tecnología, y factores externos relacionados con el entorno regulatorio, las condiciones del mercado, la presión social y la relación con las comunidades [5]. Desde la gestión estratégica, la productividad también exige alinear procesos, indicadores, recursos y capacidades internas, de tal manera que la organización pueda traducir sus objetivos en resultados operativos consistentes [10], [11]. En el sector minero, esta interacción adquiere particular relevancia debido a la naturaleza intensiva en capital, riesgo y coordinación operativa que caracteriza a sus procesos productivos.

Sin embargo, a pesar del reconocimiento de esta complejidad, los factores que inciden en la productividad suelen analizarse de manera aislada, sin profundizar en su interdependencia ni en la forma en que se configuran dentro de un sistema organizacional. Esta fragmentación limita la capacidad de comprender el fenómeno en su totalidad y dificulta el diseño de estrategias de intervención efectivas.

Desde esta perspectiva, la Teoría General de Sistemas ofrece un marco conceptual adecuado para abordar la productividad minera como un fenómeno integrado. Bajo este enfoque, las organizaciones se conciben como sistemas abiertos en los que interactúan múltiples componentes internos y externos, generando dinámicas complejas que influyen en su desempeño [6]. En este sentido, la productividad no puede entenderse como el resultado de una sola variable, sino como una propiedad emergente derivada de la interacción entre personas, procesos, tecnología y entorno.

Este enfoque resulta particularmente pertinente en el contexto de la mediana minería, donde la coordinación entre áreas, la capacidad de adaptación a condiciones externas y la eficiencia en la ejecución operativa juegan un papel determinante en el desempeño productivo. En este tipo de organizaciones, pequeñas variaciones en la gestión de procesos, en la capacitación del personal o en la relación con el entorno pueden generar impactos significativos en los resultados.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar las asociaciones entre factores endógenos y exógenos que inciden en la productividad de la mediana minería en México, a partir de un enfoque empírico integral. Para ello, se recurre a la aplicación de un instrumento estructurado que permite identificar patrones de comportamiento y relaciones entre variables, desde la perspectiva de los actores que participan directamente en las operaciones mineras.

El estudio se sustenta en una metodología cuantitativa de carácter exploratorio y correlacional, orientada a identificar asociaciones entre variables más que a establecer relaciones causales. En este sentido, los resultados deben interpretarse como indicios de comportamiento del sistema productivo, más que como determinantes absolutos del mismo.

Es importante señalar que la medición de la productividad en el presente estudio se basa en una perspectiva perceptual, derivada de la experiencia y valoración de los participantes. Este enfoque permite capturar dimensiones del fenómeno productivo que no siempre son observables a través de indicadores técnicos tradicionales, particularmente en contextos donde la variabilidad operativa y las condiciones del entorno influyen de manera constante en el desempeño organizacional.

Finalmente, se plantea que el análisis de la productividad en la mediana minería requiere enfoques integrales que permitan comprender la interacción entre factores internos y externos, así como su impacto en el desempeño organizacional. En este sentido, la presente

investigación busca contribuir a la generación de conocimiento en un segmento poco explorado, aportando evidencia empírica que permita orientar futuras investigaciones y fortalecer la toma de decisiones en el sector.

DESARROLLO

La productividad en la industria minera ha sido tradicionalmente interpretada desde una lógica operativa, centrada en la relación entre insumos y resultados. Sin embargo, en contextos organizacionales complejos como la mediana minería, esta visión resulta insuficiente para explicar las variaciones en el desempeño entre unidades productivas con condiciones técnicas similares.

Desde la literatura especializada, se reconoce que la productividad organizacional no es únicamente una función de variables técnicas, sino el resultado de un entramado de factores humanos, operativos y contextuales que interactúan de manera simultánea. En este sentido, elementos como el liderazgo operativo, la capacitación del personal, la estandarización de procesos, la seguridad industrial y el uso de tecnología han sido identificados como factores relevantes en el desempeño organizacional [4].

De manera complementaria, el entorno en el que operan las organizaciones mineras introduce presiones adicionales que inciden en su desempeño, tales como la regulación ambiental y fiscal, la volatilidad de los precios de los metales, la relación con comunidades y las condiciones macroeconómicas [5]. La combinación de estos elementos genera escenarios productivos diferenciados, en los cuales la productividad no puede explicarse a partir de variables aisladas.

Bajo esta perspectiva, la Teoría General de Sistemas plantea que las organizaciones deben entenderse como sistemas abiertos, donde los distintos componentes internos mantienen relaciones dinámicas entre sí y con su entorno [6]. En este marco, la productividad puede interpretarse como una propiedad emergente del sistema, derivada de la interdependencia entre sus elementos.

A partir de este enfoque, el presente estudio se orienta a analizar las asociaciones entre factores endógenos y exógenos, considerando que su comportamiento no es independiente, sino que refleja una alta integración **sistémica**, observable en los patrones de relación identificados en los datos.

Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y de corte transversal, orientado a analizar las asociaciones entre factores endógenos y exógenos vinculados a la productividad en la mediana minería en México.

Diseño de la investigación

El estudio es de tipo exploratorio-descriptivo, dado que busca identificar patrones de comportamiento y asociaciones entre variables a partir de la percepción de los participantes, sin manipulación de variables independientes. El carácter transversal del diseño implica que la información fue recolectada en un solo momento en el tiempo, lo cual permite obtener una fotografía del fenómeno en el contexto analizado.

Es importante señalar que el alcance del estudio es de carácter correlacional, por lo que los resultados deben interpretarse como asociaciones entre variables y no como relaciones causales.

Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por personal vinculado al sector minero en México, incluyendo distintos niveles jerárquicos dentro de las organizaciones. La muestra se integró por 65 participantes, entre los que se encuentran directivos, supervisores, ingenieros y trabajadores operativos.

El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico por conveniencia, considerando la accesibilidad a los participantes y su disposición para formar parte del estudio. Si bien este tipo de muestreo limita la generalización de los resultados, permite obtener información relevante en contextos donde el acceso a la población es restringido.

Instrumento de recolección de datos

Para la recolección de información se diseñó un instrumento estructurado compuesto por 55 ítems, organizados en ocho bloques temáticos que integran factores endógenos y exógenos relacionados con la productividad minera.

Los bloques considerados fueron:

- Capacitación y desarrollo del personal
- Factores organizacionales y liderazgo
- Procesos operativos y eficiencia
- Seguridad y condiciones de trabajo

- Tecnología y recursos disponibles
- Normatividad y entorno regulatorio
- Mercado de metales
- Relación con proveedores y comunidad

El instrumento fue construido bajo una escala tipo Likert de cinco niveles, orientada a medir el grado de impacto percibido de cada factor sobre la productividad. La redacción de los ítems se realizó con una connotación negativa, con el propósito de identificar el nivel de afectación de cada variable en el desempeño organizacional.

La construcción del instrumento se apoyó en criterios metodológicos aplicados en estudios cuantitativos de alcance exploratorio y correlacional, procurando mantener coherencia entre dimensiones, ítems y objetivo de investigación [12].

Medición de la productividad

Un aspecto relevante del presente estudio es que la productividad se aborda desde una perspectiva perceptual, construida a partir de la experiencia y valoración de los participantes.

Esto implica que el análisis no se centra en indicadores técnicos tradicionales como tonelaje o costos, sino en la percepción del impacto que distintos factores tienen sobre el desempeño organizacional. En consecuencia, los resultados deben interpretarse dentro de este marco conceptual.

Confiabilidad del instrumento

La confiabilidad del instrumento fue evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniéndose un valor global de $\alpha = .969$, lo que indica una alta consistencia interna entre los ítems.

Este resultado sugiere que el instrumento presenta un nivel adecuado de estabilidad y coherencia en la medición de las variables consideradas.

Análisis de datos

El análisis de la información se realizó mediante técnicas de estadística descriptiva y análisis de correlación, con el propósito de identificar patrones de asociación entre los factores estudiados.

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis factorial exploratorio (AFE) para evaluar la estructura interna del instrumento, obteniendo valores de adecuación

muestral (KMO) entre .632 y .858, lo que confirma la pertinencia del análisis aplicado.

Los resultados del análisis factorial evidencian una organización consistente de los ítems por bloques temáticos, lo cual respalda la estructura conceptual del instrumento.

Consideraciones sobre la interdependencia de variables

Durante el análisis de los datos, se identificaron correlaciones elevadas entre diversas dimensiones del instrumento. Este comportamiento no se interpreta como una limitación del estudio, sino como evidencia de una alta integración sistémica entre los factores analizados.

Desde esta perspectiva, las asociaciones observadas reflejan la interdependencia entre variables organizacionales y del entorno, lo cual es consistente con el enfoque teórico adoptado en la investigación.

Limitaciones del estudio

El presente estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas en la interpretación de los resultados:

- El diseño transversal impide analizar la evolución de las variables en el tiempo.
- El muestreo no probabilístico limita la generalización de los hallazgos.
- La medición perceptual de la productividad implica un enfoque subjetivo del fenómeno.
- La utilización de un solo instrumento de recolección de datos puede implicar la presencia de varianza común del método.

Estas limitaciones no invalidan los resultados, pero sugieren la necesidad de futuras investigaciones que incorporen diseños longitudinales, muestras probabilísticas y modelos estadísticos más complejos.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados indican que el instrumento utilizado presenta niveles adecuados de confiabilidad (Tabla 1) y validez para el análisis de los factores que inciden en la productividad de la mediana minería en México (Tabla 2).

El coeficiente Alfa de Cronbach global alcanzó un valor de $\alpha = .969$, lo que evidencia una alta consistencia interna entre los ítems evaluados. A nivel de bloques, los valores oscilaron entre $\alpha = .639$ y $\alpha = .917$,

mostrando niveles aceptables a excelentes en la mayoría de las dimensiones.

Tabla 1. Confiabilidad del instrumento por bloques

Bloque	Ítems	Alfa
B1	4	.787
B2	12	.887
B3	4	.814
B4	3	.639
B5	4	.832
B6	17	.917
B7	6	.805
B8	5	.914
Global	55	.969

Tabla 2. Validez factorial por bloques

Bloque	KMO	Bartlett
B1	.787	.000
B2	.840	.000
B3	.667	.000
B4	.632	.000
B5	.728	.000
B6	.832	.000
B7	.747	.000
B8	.858	.000
Global	.569	.000

Como se observa en la Tabla 1, los bloques asociados a procesos operativos, tecnología y factores organizacionales presentan los niveles más altos de consistencia, lo cual sugiere que estas dimensiones son percibidas de manera más homogénea por los participantes.

Desde una perspectiva analítica, este comportamiento no solo valida la estructura del instrumento, sino que también refleja una alta coherencia en la forma en que los actores del sector perciben los factores internos de la productividad, particularmente aquellos vinculados con la operación diaria.

En términos operativos, estos resultados pueden asociarse a contextos donde la estandarización de procesos, la disciplina operativa y la claridad en la ejecución de actividades generan menor variabilidad entre turnos y áreas de trabajo.

Por ejemplo, en operaciones subterráneas, la consistencia en actividades como barrenación, carga, disparo y acarreo depende no solo del equipo disponible, sino de la forma en que los procedimientos son ejecutados por el personal.

Cuando existe alineación entre procesos, supervisión y capacitación, la variabilidad disminuye y la productividad tiende a estabilizarse.

Análisis de confiabilidad por bloques

Como se aprecia en la Figura 1, los valores de Alfa de Cronbach por bloque evidencian una consistencia interna adecuada, destacando las dimensiones operativas y tecnológicas como las de mayor estabilidad.

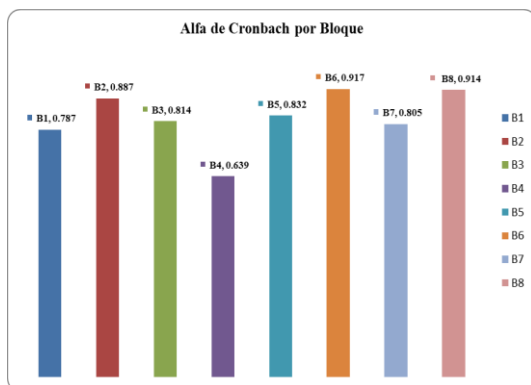


Figura 1. Alfa de Cronbach por bloque

Este comportamiento es consistente con lo señalado por Sumanth [4], quien establece que la productividad organizacional depende de la integración efectiva entre procesos, tecnología y capital humano.

Asimismo, los resultados son congruentes con estudios recientes que advierten que la adopción tecnológica, por sí sola, no garantiza incrementos sostenidos en productividad si no se acompaña de capacidades operativas, mantenimiento adecuado y apropiación del personal en campo [16], [17].

Por otro lado, el bloque con menor valor de confiabilidad presenta una mayor dispersión en la percepción de los participantes, lo cual puede interpretarse como una variabilidad en la forma en que los factores externos afectan la operación.

Validez factorial

En cuanto a la validez de constructo, el análisis factorial exploratorio mostró una estructura consistente por bloques, con valores de adecuación muestral (KMO) entre .632 y .858, y pruebas de esféricidad de Bartlett significativas ($p < .001$).

Estos resultados confirman la pertinencia del análisis factorial y respaldan la estructura conceptual del instrumento.

El valor global de KMO (.569), aunque moderado, es consistente con la naturaleza multidimensional del fenómeno estudiado, lo cual justifica el análisis segmentado por bloques, en línea con metodologías aplicadas en estudios organizacionales complejos [12].

Como se observa en la Figura 2, los valores de adecuación muestral (KMO) por bloque se ubican dentro de rangos aceptables para la aplicación del análisis factorial, destacando una mayor solidez en las dimensiones organizacionales, operativas y tecnológicas.

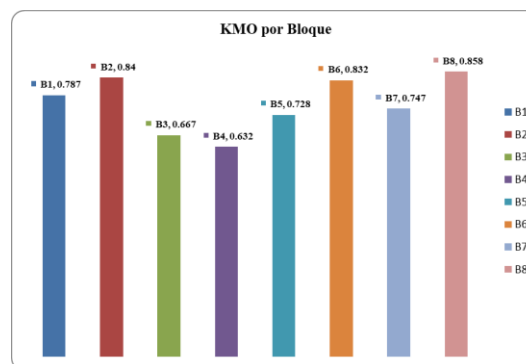


Figura 2. KMO por bloque

Este comportamiento sugiere que los ítems asociados a estas dimensiones presentan una estructura más consistente en la percepción de los participantes, lo cual refuerza su relevancia dentro del sistema productivo analizado. En términos prácticos, estos resultados indican que los factores vinculados con la operación, la gestión interna y el uso de tecnología son percibidos de manera más estructurada y coherente dentro de las organizaciones mineras.

Por otro lado, los bloques con menor número de ítems presentan valores de KMO relativamente inferiores, aunque dentro de los umbrales mínimos aceptables, lo cual puede asociarse a una mayor variabilidad en la percepción de los factores externos o contextuales.

Este comportamiento es consistente con la naturaleza dinámica del entorno minero, donde variables como la regulación, el mercado de los metales o la relación con comunidades pueden experimentar cambios constantes y ser interpretadas de manera diferenciada por los actores organizacionales.

En conjunto, estos resultados confirman la consistencia estructural del instrumento y respaldan la pertinencia de analizar el fenómeno por bloques, en lugar de asumir una estructura homogénea, lo cual es congruente con el enfoque sistémico adoptado en la investigación.

Desde una perspectiva integral, los resultados permiten afirmar que la productividad minera no depende exclusivamente de variables técnicas, sino de la asociación entre factores endógenos y exógenos.

Esta lectura coincide con estudios estructurales del sector minero mexicano, donde se reconoce que las diferencias entre segmentos productivos condicionan la forma en que cada empresa enfrenta los retos de productividad, inversión, gestión operativa y permanencia en el mercado [19].

Los hallazgos muestran que dimensiones como procesos operativos, tecnología, seguridad y liderazgo presentan asociaciones relevantes con la productividad, lo cual coincide con estudios internacionales que destacan el papel de la ejecución operativa y la disciplina organizacional como elementos clave en la mejora del desempeño minero [7].

Factores externos: el peso del entorno

En relación con los factores exógenos, los resultados evidencian que variables como la regulación, los precios de los metales y la relación con comunidades influyen de manera significativa en la continuidad operativa.

Este comportamiento es consistente con lo señalado por PwC [8] e ICMC [9], quienes destacan que la sostenibilidad operativa en minería depende de la capacidad de las organizaciones para adaptarse a condiciones externas dinámicas.

Por ejemplo, una operación puede mantener eficiencia interna, pero enfrentar interrupciones por temas regulatorios o sociales, afectando directamente su productividad.

En este sentido, los conflictos socioambientales, la presión comunitaria y los costos transaccionales asociados al entorno pueden convertirse en variables críticas para la continuidad operativa, especialmente en unidades mineras con menor capacidad financiera para absorber interrupciones prolongadas [18].

Alta correlación = integración sistémica

Un elemento clave del análisis es el nivel de asociación observado entre las dimensiones, el cual sugiere una fuerte interdependencia entre variables.

Lejos de interpretarse como redundancia, este comportamiento se alinea con la Teoría General de Sistemas [6], donde la productividad se concibe como

una propiedad emergente derivada de la interacción entre los componentes del sistema organizacional.

Productividad perceptual

Es importante señalar que la productividad analizada corresponde a una medición perceptual, lo cual permite capturar dimensiones organizacionales que no siempre son visibles a través de indicadores técnicos.

Implicaciones prácticas

Los resultados sugieren que la mejora de la productividad en la mediana minería requiere:

- Fortalecimiento del liderazgo operativo
- Capacitación alineada a procesos reales
- Estandarización de actividades
- Integración efectiva de tecnología
- Gestión activa del entorno

No como acciones aisladas, sino como un sistema integrado de intervención.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió analizar las asociaciones entre factores endógenos y exógenos que inciden en la productividad de la mediana minería en México, a partir de un enfoque sistémico sustentado en evidencia empírica. Los resultados obtenidos confirman que la productividad minera no puede ser explicada únicamente a partir de variables técnicas, sino que responde a la interrelación de múltiples dimensiones organizacionales y del entorno.

En relación con el objetivo planteado, se identificó que factores internos como el liderazgo operativo, la capacitación del personal, la gestión de procesos, la seguridad y el uso de tecnología presentan asociaciones significativas con la productividad percibida. Estos hallazgos evidencian que el desempeño organizacional en la mediana minería depende en gran medida de la capacidad de ejecución en campo, la disciplina operativa y la coherencia en la gestión interna de las operaciones.

Asimismo, los resultados muestran que los factores exógenos, particularmente la regulación, la volatilidad del mercado de los metales y la relación con comunidades, influyen de manera relevante en la continuidad operativa y, por ende, en la productividad.

Este comportamiento confirma que las organizaciones mineras no operan en un entorno aislado, sino en un

sistema abierto donde las condiciones externas forman parte integral del desempeño productivo.

Un hallazgo central del estudio es la alta interdependencia observada entre las dimensiones analizadas, reflejada en los niveles de asociación identificados en los datos.

Este comportamiento, lejos de interpretarse como una limitación metodológica, se alinea con el enfoque sistémico adoptado, en el cual la productividad se concibe como una propiedad emergente derivada de la interacción entre los componentes del sistema organizacional.

Desde una perspectiva metodológica, el instrumento utilizado demostró altos niveles de confiabilidad y una estructura factorial consistente por bloques, lo cual respalda su validez para el análisis del fenómeno estudiado. No obstante, es importante reconocer que la medición de la productividad se realizó desde una perspectiva perceptual, lo cual implica que los resultados reflejan la experiencia y valoración de los participantes, más que indicadores técnicos directos.

En términos prácticos, los resultados sugieren que las estrategias orientadas a mejorar la productividad en la mediana minería deben diseñarse desde una lógica integral, considerando de manera simultánea el fortalecimiento del capital humano, la estandarización de procesos, la adopción tecnológica y la gestión del entorno. La implementación de acciones aisladas difícilmente generará mejoras sostenidas si no existe una articulación entre estas dimensiones.

Asimismo, el estudio aporta evidencia empírica sobre un segmento poco explorado en la literatura, contribuyendo a ampliar la comprensión de la productividad en la mediana minería en México. Este aporte resulta relevante tanto para el ámbito académico como para la toma de decisiones en el sector, al ofrecer una base analítica para el diseño de estrategias de mejora organizacional.

En cuanto a las limitaciones, se reconoce que el diseño transversal del estudio, el uso de muestreo no probabilístico y la posible presencia de varianza común del método representan aspectos a considerar en la interpretación de los resultados. Estas condiciones no invalidan los hallazgos, pero delimitan su alcance y abren la puerta a investigaciones futuras.

Como líneas de investigación futura, se sugiere el desarrollo de estudios longitudinales que permitan analizar la evolución de los factores en el tiempo, así como la incorporación de modelos estadísticos más

robustos que integren términos de interacción formal entre variables. De igual forma, resulta pertinente complementar el análisis perceptual con indicadores técnicos de productividad, con el fin de construir modelos híbridos que integren ambas perspectivas.

Finalmente, se plantea la necesidad de profundizar en el desarrollo de instrumentos de medición específicos para la mediana minería, así como en la construcción de modelos de intervención organizacional que traduzcan los hallazgos teóricos en herramientas prácticas para el sector.

En este sentido, el presente estudio no solo aporta evidencia empírica sobre los factores que inciden en la productividad de la mediana minería, sino que también plantea la necesidad de transitar hacia enfoques de gestión más integrales, donde la articulación entre personas, procesos, tecnología y entorno se convierta en el eje central de la estrategia organizacional. Este planteamiento abre la posibilidad de desarrollar modelos de intervención específicos para el sector, con un enfoque aplicado que permita traducir los hallazgos en mejoras concretas en el desempeño operativo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento a las instituciones académicas y organizaciones del sector minero que brindaron las condiciones necesarias para el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, agradecen a los profesionales del sector que participaron en la aplicación del instrumento, cuya experiencia y disposición permitieron obtener información relevante para el análisis del fenómeno estudiado.

Se reconoce también el acompañamiento académico recibido durante el proceso de investigación, el cual contribuyó al fortalecimiento metodológico y a la consolidación del enfoque analítico adoptado en el estudio.

BIBLIOGRAFÍA

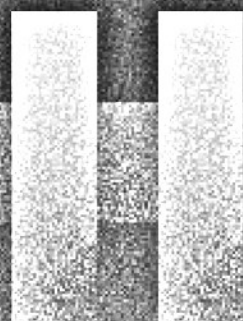
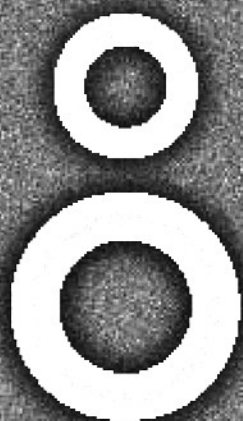
- [1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). Estadísticas de la industria minero-metalúrgica en México. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx>
- [2] Secretaría de Economía. (2022). Informe del sector minero en México. Gobierno de México.
- [3] Cordero, A., & Cruz, M. (2018). Análisis estructural de la mediana minería en México. *Revista de Economía Aplicada*, 26(2), 45–62.

- [4] Sumanth, D. J. (1984). *Productivity Engineering and Management*. New York: McGraw-Hill.
- [5] Robbins, S. P., & Judge, T. A. (2017). *Organizational Behavior* (17th ed.). Pearson Education.
- [6] Bertalanffy, L. von. (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller.
- [7] McKinsey & Company. (2019). *Productivity in mining operations: Reversing the downward trend*. Disponible en: <https://www.mckinsey.com>
- [8] PwC. (2022). *Mine 2022: A critical transition*. PricewaterhouseCoopers International Limited.
- [9] International Council on Mining and Metals (ICMM). (2020). *Mining Principles Performance Expectations*. Disponible en: <https://www.icmm.com>
- [10] Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Harvard Business School Press.
- [11] Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.
- [12] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- [13] Cámara Minera de México (CAMIMEX). (2024). *Informe anual de la minería mexicana*.
- [14] Banco Mundial. (2023). *Minería y desarrollo sostenible en América Latina*.
- [15] Mishra, S. (2013). Productivity performance in mining sector. *Resources Policy*, 38(2), 183–192.
- [16] Dayo-Olupona, O., et al. (2023). Technological adoption in mining productivity. *Journal of Mining Science*, 59(3), 412–428.
- [17] Onifade, M., et al. (2023). Maintenance strategies and productivity in mining. *International Journal of Mining Engineering*, 45(2), 155–170.
- [18] Kumar, R. (2019). Socio-environmental conflicts in mining operations. *Environmental Management Journal*, 63(4), 567–580.
- [19] González-Sánchez, F. (2010). Estructura del sector minero en México. *Revista Latinoamericana de Economía*, 41(162), 75–98.
- [20] Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP). (2024). *Panorama del sector minero en México*.

Revista Científica

Basachí

ISSN-2954-520X



**VOLUMEN 4,
NÚMERO 1**