

DIAGNÓSTICO SOBRE EL NIVEL DE MADUREZ PARA LA ADOPCIÓN DE MINERÍA 4.0 EN CVG FERROMINERA ORINOCO C.A. – VENEZUELA

¹Miguel Eduardo Fuentes Silva

 <https://orcid.org/0009-0005-3388-0387>

²Milvia L. Peñaloza de Arias

 <https://orcid.org/0009-0004-3754-0235>

Recibido: 17-04-2026

Aceptado: 20-05-2026

Resumen

La Minería 4.0 representa un paradigma transformador y un imperativo estratégico para mantener la competitividad en el mercado global para la industria minera. Sin embargo, su adopción en economías emergentes, particularmente en entornos con fuertes restricciones como Venezuela, presenta desafíos únicos, ya que la brecha tecnológica que existe se hace tangible al contrastar el modelo operativo actual de la empresa con las capacidades de la Minería 4.0. Este estudio tiene como objetivo diagnosticar el nivel de madurez para la adopción de tecnologías 4.0 en la CVG Ferrominera Orinoco C.A. Mediante un enfoque metodológico cuantitativo y un diseño no experimental transversal, se aplicó un cuestionario de 15 ítems con escala Likert de 5 opciones a 50 trabajadores que desempeñan cargos de supervisión y gerencia: este instrumento se basó en las dimensiones (infraestructura tecnológica, estrategia digital, procesos de innovación y desarrollo del capital humano) validadas sobre madurez de (Hizam-Hanafiah, 2020). Los análisis muestran que la dimensión con más bajo promedio de valoración es procesos e innovación (1.43), seguida de infraestructura tecnológica (1.58), se puede concluir que la organización tiene un estado de baja madurez, caracterizada por una infraestructura tecnológica obsoleta y una cultura de innovación inexistente. El análisis por dimensiones permite perfilar que el nudo crítico del problema no es la tecnología en sí misma, sino una profunda brecha entre la intención del liderazgo y la capacidad de ejecución de la organización, causada por la ausencia de una estrategia clara y la falta de inversión en el desarrollo del capital humano.

Palabras clave: minería 4.0; diagnóstico de madurez; industria 4.0; transformación digital; contextos restrictivos.

DIAGNOSIS OF THE MATURITY LEVEL FOR THE ADOPTION OF MINING 4.0 AT CVG FERROMINERA ORINOCO C.A. – VENEZUELA

Abstract

Mining 4.0 represents a transformative paradigm and a strategic imperative for maintaining competitiveness in the global market for the mining industry. However, its adoption in emerging economies, particularly in environments with significant constraints such as Venezuela, presents unique challenges, as the existing technological gap becomes tangible when comparing the company's current operating model with the capabilities of Mining 4.0. This study aims to diagnose the level of maturity for the adoption of 4.0 technologies at CVG Ferrominera Orinoco C.A. Using a quantitative methodological

¹ Ingeniero Mecánico. Abogado. MSc. en Administración de Empresas. Doctorante en Gerencia. Líder corporativo, consultor industrial y académico de perfil multidisciplinar que destaca por su trayectoria en ingeniería, ciencias jurídicas y alta gerencia. Ejerce como socio fundador y CEO de Alicanto Consulting Group. ceo@alicantoconsulting.com

² Lcda. en Educación mención Informática y Matemática. Especialista en Didáctica de la Matemática. Doctora en Educación Superior. Es Investigadora activa del CDCHTA-ULA. Docente titular a dedicación exclusiva de la Universidad de Los Andes. Miembro de la Comisión del Doctorado en Gerencia Evaluativa Tecnológica empresarial y educativa de la Universidad Nacional Experimental del Táchira. mparias485@gmail.com

approach and a cross-sectional, non-experimental design, a 15-item questionnaire with a 5-point Likert scale was administered to 50 employees in supervisory and managerial positions. This instrument was based on the validated maturity dimensions (technological infrastructure, digital strategy, innovation processes, and human capital development) of Hizam-Hanafiah (2020). The analysis shows that the dimension with the lowest average rating is processes and innovation (1.43), followed by technological infrastructure (1.58). It can be concluded that the organization is in a state of low maturity, characterized by an obsolete technological infrastructure and a nonexistent culture of innovation. The analysis by dimensions reveals that the critical issue is not the technology itself, but rather a profound gap between leadership's intentions and the organization's execution capacity, caused by the absence of a clear strategy and a lack of investment in human capital development.

Keywords: mining 4.0; maturity diagnosis; industry 4.0; digital transformation; restrictive contexts.

Introducción

La cuarta revolución industrial, o Industria 4.0, ha redefinido los paradigmas de competitividad y eficiencia en el sector industrial global (Pereira y Romero, 2017). En el ámbito minero, esta transformación se concreta en el concepto de "Minería 4.0", que implica la integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA), los gemelos digitales y el análisis de big data en los procesos mineros tradicionales (Zhironkina y Zhironkin, 2023). La adopción de estas tecnologías promete mejoras sustanciales en productividad, seguridad operacional y sostenibilidad ambiental (Liu et al., 2024; Bai et al., 2020).

No obstante, la implementación de la Minería 4.0 dista de ser homogénea. Mientras que en países desarrollados como Australia, Canadá y China la adopción avanza rápidamente, en las economías emergentes de América Latina se enfrenta a barreras estructurales significativas (Mostafa et al., 2021; Culcheski et al., 2025). Estas barreras incluyen altos costos de inversión, una marcada brecha de talento digital y la frecuente ausencia de una estrategia digital clara y apoyada por el liderazgo (Revelo-Otero et al., 2021).

El caso de Venezuela presenta particularidades aún más acentuadas, la industria ferrominera, representada principalmente por CVG Ferrominera Orinoco C.A., posee reservas de mineral de hierro estimadas en 4.200 millones de toneladas métricas, lo que la sitúa entre las principales a nivel mundial (*U.S. Geological Survey*, 2024). Sin embargo, opera en un contexto de altas restricciones caracterizado por una infraestructura tecnológica obsoleta, un entorno macroeconómico adverso y un régimen de sanciones internacionales que limita el acceso a financiamiento y tecnología (*Congressional Research Service*, 2024; Gómez, 2019). Esta situación ha resultado en una subutilización crónica de su capacidad instalada, que ronda el 60% según datos recientes, erosionando severamente su competitividad en el mercado global de *commodities*.

Ante este escenario, resulta imperioso contar con herramientas de diagnóstico que permitan evaluar de manera precisa el estado de preparación de la organización para emprender la transformación hacia la Minería 4.0; por lo que, los modelos de madurez al ser marcos de evaluación que permiten medir la preparación de una organización para adoptar una innovación tecnológica o un nuevo paradigma de gestión, se presentan como instrumentos robustos para este fin, al permitir la evaluación multidimensional de las capacidades organizacionales (Hizam-Hanafiah et al., 2020). Sin embargo, la aplicación y validación de estos modelos en contextos altamente restrictivos como el venezolano es un área escasamente explorada en la literatura.

Los Modelos de Madurez para la Industria 4.0 demuestran su valor fundamental, ya que según Hizam-Hanafiah et al. (2020), estos modelos evalúan seis dimensiones críticas que, en conjunto, ofrecen un diagnóstico integral de la capacidad de una organización para absorber y aprovechar las nuevas tecnologías. Por ejemplo, la dimensión de Tecnología evalúa la infraestructura de conectividad y software necesaria para soportar el IoT y el Big Data, mientras que la dimensión Procesos valora la estandarización y digitalización que permiten la implementación de Gemelos Digitales y flujos de trabajo automatizados, por otra parte, un diagnóstico de madurez basado en dimensiones como Estrategia, Liderazgo, Personas e Innovación permite identificar las brechas no tecnológicas que, con frecuencia, constituyen las barreras más significativas para la transformación digital. Por lo tanto, lejos de ser iniciativas paralelas, la adopción tecnológica y la evaluación de la madurez organizacional son procesos profundamente interconectados.

En virtud de lo anterior, se plantea el objetivo general de esta investigación el cual es Diagnosticar el estado de madurez en los ámbitos tecnológica y organizacional de CVG Ferrominera Orinoco C.A., para alcanzar este objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos: (1) Conocer las capacidades tecnológicas y organizacionales en las dimensiones tecnológica, estrategia, liderazgo, estructura de procesos, gestión del talento y capacidades de innovación, utilizando el modelo de madurez de Hizam-Hanafiah (2020), (2) Identificar las tecnologías de la Industria 4.0 que pueden ser incorporadas a la empresa CVG Ferrominera Orinoco C.A., para incrementar su competitividad y desarrollo productivo en el contexto productivo global de mineral de hierro.

La importancia de este estudio se fundamenta en su capacidad para generar un diagnóstico integral y contextualizado que trasciende el análisis tecnológico superficial, abordando las dimensiones organizacionales críticas para una transformación digital efectiva. Al aplicar un modelo de madurez adaptado al contexto venezolano, la investigación identifica no solo las brechas tecnológicas existentes en CVG Ferrominera Orinoco C.A., sino también las barreras estratégicas, de liderazgo y de capital humano que limitan la adopción de la Minería 4.0. Este abordaje multidimensional permite priorizar intervenciones

con base en su impacto real y factibilidad, optimizando el uso de recursos escasos y proporcionando a la gerencia una hoja de ruta accionable para la modernización progresiva de sus operaciones.

Es importante destacar, que en este estudio se describen elementos conceptuales que dan sustento a la investigación como son: la minería 4.0 y el modelo de madurez Hizam-Hanafiah (2020), la Minería 4.0 representa la evolución del sector minero hacia operaciones inteligentes, interconectadas y autónomas. Según Zhironkina y Zhironkin (2023), se fundamenta en la convergencia de tecnologías habilitadoras que permiten la creación de un ecosistema ciber físico integral donde los sistemas físicos y digitales se fusionan mediante tecnologías habilitantes.

Entre estas tecnologías se destacan: (a) Internet de las Cosas (IoT) constituye la infraestructura fundamental para la transformación digital minera, permitiendo la interconexión masiva de dispositivos, sensores y actuadores mediante protocolos de comunicación especializados (Xu et al.,2021). En el contexto minero, esta tecnología se materializa a través de la Sensorización de equipos y activos para el monitoreo en tiempo real. (b) Inteligencia Artificial y *Machine Learning*: transforman los datos operacionales en conocimiento accionable mediante algoritmos especializados, su empleo en general se orienta hacia el mantenimiento predictivo, optimización de procesos y análisis predictivo. (c) Gemelos Digitales: constituyen réplicas virtuales dinámicas que integran modelos físicos, matemáticos y de datos en tiempo real para la simulación y optimización. (d) *Big Data* y Analítica Avanzada: su utilidad es fundamental para el procesamiento de grandes volúmenes de datos para la toma de decisiones. (e) Robótica y Automatización: se emplea para operaciones autónomas y semiautónomas.

La implementación exitosa de las tecnologías habilitadoras de la Minería 4.0 trasciende la mera adquisición técnica, su integración efectiva depende de un ecosistema organizacional preparado, donde la infraestructura, la estrategia, el talento humano y los procesos estén alineados; tal como lo expresa (Liu et al., 2024; Zhironkina y Zhironkin, 2023), la adopción de estas tecnologías conlleva beneficios tangibles como la reducción de tiempos de inactividad, el aumento de la seguridad laboral, la optimización del consumo energético y una mayor trazabilidad de los procesos. Por lo que, transforma las operaciones mineras tradicionales en sistemas inteligentes e interconectados que permiten la monitorización en tiempo real, el análisis predictivo y la toma de decisiones automatizada, optimizando así todos los procesos desde la extracción hasta el procesamiento mineral.

Método

Considerando la revisión sistemática de la literatura, se identificaron de acuerdo con Hizam-Hanafiah et al. (2020), seis dimensiones clave en los modelos de madurez para la Industria 4.0:

1. Tecnología: infraestructura tecnológica, hardware, software, conectividad y ciberseguridad.

2. Personas: competencias digitales, actitud hacia el cambio, programas de capacitación e incentivos.
3. Estrategia: visión, planificación, presupuesto y hoja de ruta para la digitalización.
4. Liderazgo: compromiso, estructura de gobernanza y asignación de recursos.
5. Procesos: estandarización, eficiencia y digitalización de procesos operativos.
6. Innovación: capacidad para gestionar, experimentar y colaborar en proyectos de innovación.

Estas dimensiones proporcionan una base integral para conocer las capacidades organizacionales más allá de la mera adquisición de tecnología. La existencia de una hoja de ruta clara (estrategia), el compromiso de la alta dirección (liderazgo), la disponibilidad de programas de capacitación en competencias digitales (personas) y la capacidad de gestionar la experimentación (innovación) son factores habilitadores, sin los cuales incluso las soluciones tecnológicas más avanzadas están condenadas al sub-aprovechamiento o al fracaso. A continuación, la tabla 1 detalla la operacionalización de la variable:

Tabla 1*Operacionalización de las Dimensiones de Madurez*

Dimensión	Indicadores	Ítems
Infraestructura Tecnológica	Conectividad, Sensorización, Plataformas de Analítica	Sistemas Integrados, P1, P2, P3, P4
Personas (Factor Humano)	Plan de Capacitación, Actitud Proactiva, Programas de Incentivos	P5, P6, P7
Estrategia	Estrategia Documentada, Justificación de Inversiones (ROI), Hoja de Ruta Tecnológica	P8, P9, P10
Liderazgo	Rol de Liderazgo Tecnológico, Reuniones de Seguimiento, Compromiso y Asignación de Recursos	P11, P12, P13
Procesos e Innovación	Proceso Formal de Evaluación Tecnológica, Colaboración con Ecosistema Externo	P14, P15

Fuentes y Peñaloza (2025)

Este estudio adopta un diseño no experimental, transversal y descriptivo, con un enfoque cuantitativo. Para la recolección de datos se diseñó como instrumento un cuestionario estructurado el cual consta de 15 ítems, operacionalizados a partir de las dimensiones de madurez adaptadas de Hizam-Hanafiah et al. (2020). La escala de respuesta es del tipo Likert de 5 puntos, donde 1 = Totalmente en desacuerdo y 5 = Totalmente de acuerdo. El instrumento empleado para la recolección de datos fue sometido a una evaluación de validez de contenido mediante juicio de expertos, además se calculó la confiabilidad del instrumento obteniéndose un coeficiente de alfa de Cronbach de 0.86 lo cual indica una

alta consistencia interna, es importante destacar que se realizó una prueba piloto para asegurar claridad y pertinencia en el contexto específico de la empresa.

La población de estudio estuvo constituida por la totalidad del personal gerencial (supervisores y gerentes) de CVG Ferrominera Orinoco C.A., los cuales son 50 trabajadores que cumplen funciones de supervisores y gerentes de áreas operativas (Mina, Procesamiento de Mineral, Mantenimiento, Operaciones Siderúrgicas, Transporte) y áreas de soporte estratégico (Finanzas, Recursos Humanos, Tecnología de Información, Procura, Calidad, Planificación, Proyectos, Comercialización). Por lo tanto, se consideró a toda la población.

La aplicación del cuestionario se realizó mediante un formulario digital en la *plataforma Google Forms*, garantizando la confidencialidad y el anonimato de las respuestas. El proceso contó con el apoyo explícito de la alta gerencia de la empresa. Se envió un correo electrónico personalizado a cada participante con el enlace al formulario y se realizó un seguimiento proactivo vía telefónica y mensajería instantánea para lograr una tasa de respuesta del 100%. Para el análisis de los datos se empleó el paquete estadístico SPSS para realizar un análisis descriptivo univariante. Se calcularon medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y de dispersión para cada ítem y para cada dimensión.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de datos recopilados mediante el instrumento de diagnóstico aplicado a la población gerencial y de supervisión de CVG Ferrominera Orinoco C.A. Los resultados se organizan y describen en función de las cinco dimensiones del modelo de madurez adaptado de Hizam-Hanafiah et al. (2020): 1) Infraestructura Tecnológica, 2) Personas (Factor Humano), 3) Estrategia, 4) Liderazgo, y 5) Procesos e Innovación.

El análisis, de carácter descriptivo y univariante, se realizó utilizando el software estadístico SPSS. Para cada dimensión, se calcularon las medidas de tendencia central (media, mediana y moda) de las respuestas obtenidas en la escala Likert, lo que permite una caracterización precisa del nivel de madurez percibido en cada ámbito crítico para la adopción de la Minería 4.0. Las tablas sintetizan los datos cuantitativos, mientras que el análisis interpretativo conecta estos hallazgos con los marcos teóricos del estudio, como el Marco Tecnología-Organización-Entorno (TOE) y el Enfoque Sociotécnico, ofreciendo una comprensión integral del estado de preparación de la organización en su contexto específico.

1. Dimensión: Infraestructura Tecnológica (Ítems 1-4) - Esta dimensión evalúa la infraestructura habilitante para la Minería 4.0.

Tabla 2*Dimensión: Infraestructura Tecnológica*

Ítems	P1	P2	P3	P4	Promedio	Mediana	Moda
Promedio	1,13	1,27	1,67	2,27	1,58	1,5	1

Nota: Los autores

Esta dimensión es abrumadoramente negativa. El ítem valorado más bajo es la conectividad (P1), con un promedio de 1.13, indicando un consenso absoluto sobre esta deficiencia crítica. Los resultados evidencian una brecha tecnológica severa, que actúa como una barrera fundamental para cualquier iniciativa de transformación. A la luz del Marco Tecnología-Organización-Entorno (TOE), estos datos validan que el "Contexto Tecnológico" de la empresa es deficiente. La falta de conectividad (P1), la baja sensorización (P2) y la precaria integración de sistemas (P3) no son problemas aislados, sino un ecosistema tecnológico obsoleto que impide la implementación de soluciones 4.0. Este descubrimiento valida la premisa inicial de la investigación sobre la existencia de una brecha tecnológica significativa, soportada por los planteamientos del problema de investigación.

2. **Dimensión: Personas (Factor Humano) (Ítems 5-7)** - Esta dimensión mide la percepción sobre las competencias del personal y la cultura organizacional frente al cambio.

Tabla 3*Dimensión: Personas*

Ítems	P5	P6	P7	Promedio	Mediana	Moda
Promedio	2,67	2,8	1,2	2,22	2	2

Nota: Los autores

Aunque la percepción es negativa, muestra mayor variabilidad. El ítem sobre la actitud proactiva de los empleados (P6) obtiene la calificación más alta dentro de esta dimensión (Promedio: 2.80), pero la percepción sobre la existencia de un plan de capacitación (P5) y de incentivos (P7) sigue siendo baja (Promedios: 2.67 y 1.20 respectivamente). Este es un hallazgo de gran relevancia. Los datos sugieren que el problema no reside tanto en una actitud intrínsecamente negativa de los empleados, sino en una falta de estructura y soporte organizacional para el desarrollo de competencias. Esto se conecta directamente con el Enfoque Sociotécnico, que postula la interdependencia entre el sistema social y el técnico. Los resultados indican que el "sistema social" (la gente) no está siendo preparado ni incentivado para operar un nuevo "sistema técnico". La brecha de talento no es un problema de actitud, sino de una falta de inversión y estrategia en capital humano, lo cual debe ser un pilar central del modelo de gestión a proponer.

3. **Dimensión: Estrategia (Ítems 8-10)** - Evalúa la existencia y comunicación de una hoja de ruta clara para la transformación digital.

Tabla 4*Dimensión: Estrategia*

Ítems	P8	P9	P10	Promedio	Mediana	Moda
Promedio	1,07	2,33	1,87	1,76	2	1

Nota: Los autores

Esta dimensión presenta una valoración baja en cuanto a existencia de una estrategia documentada (P8) y una hoja de ruta a largo plazo (P10) es extremadamente baja (Promedios: 1.07 y 1.87). Estos resultados demuestran una carencia casi total de un marco estratégico formal para la digitalización. Este vacío es uno de los hallazgos más críticos, pues, según los Modelos de Madurez, la dimensión "Estrategia" es el punto de partida para cualquier transformación exitosa. Sin una visión clara, comunicada y con un plan de ejecución, las inversiones en tecnología se convierten en gastos aislados sin impacto sistémico. La falta de justificación de inversiones con ROI (P9) y de una hoja de ruta (P10) explica por qué, a pesar de la posible intención del liderazgo, la organización no avanza de manera coordinada.

4. **Dimensión: Liderazgo (Ítems 11-13)** - Mide el compromiso, la estructura y el apoyo de la alta dirección.

Tabla 5*Dimensión: Liderazgo*

Ítems	P11	P12	P13	Promedio	Mediana	Moda
Promedio	2,13	2,87	2,27	2,42	2	2

Nota: Los autores

Es la dimensión con el promedio más alto. El ítem sobre las reuniones de seguimiento del liderazgo (P12) es el que obtiene la puntuación más alta de todo el cuestionario (Promedio: 2.87), acercándose al punto neutral. Sin embargo, la percepción sobre la asignación de recursos (P13) sigue siendo baja (Promedio: 2.27). Estos resultados son de alto interés, pues ponen de manifiesto una falta de conexión en términos reales entre el liderazgo, las acciones y lo efectivamente percibido, es decir, el liderazgo es percibido como "presente" (se reúne) pero no necesariamente como "comprometido" en términos de acción y recursos.

Esto puede interpretarse a través de la Teoría de la Difusión de Innovaciones (DOI): la alta gerencia puede haber "adoptado" la idea de la transformación a nivel cognitivo, pero esta innovación no se ha "difundido" eficazmente al resto de la estructura gerencial en forma de recursos y directrices claras. El modelo de gestión debe, por tanto, enfocarse en crear mecanismos que traduzcan las discusiones del liderazgo en decisiones de inversión y proyectos tangibles.

5. **Dimensión: Procesos e Innovación (Ítems 14-15)** - Mide la capacidad de la organización para gestionar la innovación de manera sistemática.

Tabla 6*Dimensión: Procesos e Innovación*

Ítems	P14	P15	Promedio	Mediana	Moda
Promedio	1,6	1,27	1,43	1	1

Nota: Los autores

La colaboración con ecosistemas externos (P15) es casi inexistente (Promedio: 1.27). Los datos muestran una cultura de innovación reactiva y no estructurada. La ausencia de procesos formales para evaluar y pilotar tecnologías (P14) y la falta de conexión con el exterior (P15) indican que la empresa opera como un sistema cerrado, incapaz de absorber y probar sistemáticamente las innovaciones que surgen en el sector.

Esto refuerza nuevamente las premisas de los Modelos de Madurez, que sitúan la "Innovación" como una dimensión clave. Sin esta capacidad, la empresa está condenada a la obsolescencia, ya que, carece de los mecanismos organizacionales para renovarse tecnológicamente. El apalancamiento como mecanismo para potenciar la innovación es crítico para dinamizar el proceso propio de creación del círculo innovador, estos resultados muestran a CVG Ferrominera Orinoco C.A. en una condición de debilidad extrema para potenciar sus capacidades a partir del clúster institucional universitario e institucional.

Conclusiones

El diagnóstico revela una organización en un estado de baja madurez general, caracterizada por una infraestructura tecnológica obsoleta y una cultura de innovación inexistente. Sin embargo, el análisis por dimensiones permite perfilar que el nudo crítico del problema no es la tecnología en sí misma, sino una profunda brecha entre la intención del liderazgo y la capacidad de ejecución de la organización, causada por la ausencia de una estrategia clara y la falta de inversión en el desarrollo del capital humano.

La valoración general es negativa, y dentro de esa negatividad se puede destacar que la proactividad y disposición de las personas tiene una valoración cercana a la neutralidad que en contraste con el resto de los resultados indica la disposición de avanzar hacia nuevos posicionamientos tecnológicos, pero que al final se ralentizan por la ausencia de condiciones básicas necesarias para profundizar los posibles cambios (aunque se perciban como necesarios). Al hacer referencia a la Brecha Tecnológica Crítica se evidencia que existe un consenso gerencial sobre la precariedad de la base tecnológica. Esto confirma que la obsolescencia tecnológica es una barrera fundamental.

En cuanto al Factor Humano, el modelo de adopción debe considerar una dualidad clave: por un lado, las competencias digitales del personal son marcadamente baja con una resistencia al cambio que es percibida como alta, esto sugiere que cualquier iniciativa de transformación enfrentará el doble desafío de una fuerza laboral no preparada y una cultura organizacional reacia al cambio.

Sobre la Brecha Estratégica y Sentido de Urgencia, la visión y el apoyo gerencial se encuentran en un punto de inflexión, sugiriendo una intención mínima no difundida organizacionalmente que aún no se traduce en acciones estratégicas concretas y sistémicas. A pesar de que existe una percepción de seguimiento en materia de avance tecnológico, esto no permea a niveles inferiores ni se traduce en estrategias significativas y trascendentes. La fuerte correlación entre la alta percepción de urgencia y la baja calificación de las capacidades actuales refuerza la pertinencia del estudio.

Referencia

- Bai, L., Liu, M., y Wang, X. (2020). The path to smart mining: Exploring the potential of Industry 4.0 in the mining sector. *Resources Policy*, 68, 101783. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101783>
- Congressional Research Service. (2024). *Venezuela: Overview of U.S. sanctions and current political situation*. Library of Congress.
- Culcheski, M., Petrova, E., y Santos, R. (2025). *Barriers to digital transformation in Latin American extractive industries*. Springer.
- Gómez, J. (2019). *La industria venezolana en el siglo XXI: Desafíos y perspectivas*. Editorial Universidad Central de Venezuela.
- Hizam-Hanafiah, M., Soomro, M. A., y Abdullah, N. L. (2020). Industry 4.0 readiness models: A systematic literature review of model dimensions. *Sustainability*, 12(8), 3451. <https://doi.org/10.3390/su12083451>
- Liu, Y., Zhang, J., y Zhao, W. (2024). Digital twins and AI-driven optimization in mining operations. *Journal of Industrial Information Integration*, 35, 100512. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100512>
- Mostafa, N., Hamdy, W., y Alawady, H. (2021). Impacts of Internet of Things (IoT) on industry evolution: A systematic review. *Journal of Industrial Integration and Management*, 6(2), 165-193.
- Pereira, A. C., y Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Revelo-Otero, J., González, L., y Pérez, M. (2021). *Estrategias de transformación digital para la competitividad en economías emergentes*. Fondo Editorial Universitario.
- U.S. Geological Survey. (2024). *Mineral commodity summaries 2024*. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/mcs2024>
- Xu, L. D., Xu, E. L., y Li, L. (2021). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Zhironkina, O., y Zhironkin, S. (2023). A review of Mining 4.0 concepts and technologies. *Minerals*, 13(4), 564. <https://doi.org/10.3390/min13040564>