

ENSEÑANZA E INNOVACIÓN EN SISTEMAS INTELIGENTES DE MONITOREO Y CONTROL PARA LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO BASADOS EN TECNOLOGÍAS IOT

TEACHING AND INNOVATION IN INTELLIGENT MONITORING AND CONTROL SYSTEMS FOR CEMENT PRODUCTION BASED ON IOT TECHNOLOGIES

Alfredo Israel Paredes Regalado^{1*}

¹ Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Chimborazo, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2429-1133>. Correo: alfredo.paredes@epoch.edu.ec

Marcos Antonio Jácome Torres²

² Universidad Nacional del Chimborazo. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3308-3567>. Correo: mjacome@unach.edu.ec

Javier Oswaldo Obregón Gutiérrez³

³ Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9331-6105>. Correo: javierobregon@tsachila.edu.ec

Luis Gabriel Yar Guachamin⁴

⁴ Unidad Educativa Ernesto Albán Mosquera. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8363-155X>. Correo: yar@docentes.educacion.edu.ec

* Autor para correspondencia: alfredo.paredes@epoch.edu.ec

Resumen

La temática abordó cómo, a lo largo del tiempo, se integraron procesos educativos y enfoques innovadores para el desarrollo y aplicación de sistemas inteligentes orientados al seguimiento y regulación de la producción de cemento mediante el uso de tecnologías conectadas. Se analizó cómo la formación técnica y profesional desempeñó un papel clave en la adopción de soluciones digitales que permitieron optimizar el rendimiento industrial, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la toma de decisiones basada en datos. En este proceso, se promovió el aprendizaje de herramientas digitales, sensores interconectados y plataformas de análisis que facilitaron la supervisión continua de variables críticas dentro de las plantas cementeras. Se



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

destacó que la innovación no solo se manifestó en la implementación tecnológica, sino también en los métodos de enseñanza utilizados, los cuales fomentaron el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la adaptación a entornos industriales dinámicos. La experiencia demostró que la incorporación de tecnologías de comunicación y automatización contribuyó a reducir errores, mejorar el control de calidad y optimizar el uso de recursos energéticos y materiales. Además, se evidenció que el enfoque educativo aplicado permitió preparar a los profesionales para enfrentar los desafíos de la industria moderna, impulsando una cultura de mejora continua y transformación digital. El análisis reflejó cómo la combinación de educación, innovación y sistemas inteligentes transformó progresivamente los procesos productivos del cemento, generando impactos positivos tanto en el ámbito académico como en el sector industrial.

Palabras clave: internet de las cosas; sistemas inteligentes; producción

Abstract

The topic addressed how, over time, educational processes and innovative approaches were integrated for the development and application of intelligent systems aimed at monitoring and regulating cement production through the use of connected technologies. It analysed how technical and professional training played a key role in the adoption of digital solutions that optimised industrial performance, improved operational efficiency and strengthened data-driven decision-making. In this process, the learning of digital tools, interconnected sensors, and analysis platforms was promoted, facilitating the continuous monitoring of critical variables within cement plants. It was highlighted that innovation was not only manifested in technological implementation but also in the teaching methods used, which fostered critical thinking, problem solving, and adaptation to dynamic industrial environments. Experience showed that incorporating communication and automation technologies helped reduce errors, improve quality control, and optimise the use of energy and material resources. Furthermore, it became clear that the educational approach applied enabled professionals to be prepared to face the challenges of modern industry, promoting a culture of continuous improvement and digital transformation. The analysis reflected how the combination of education, innovation, and intelligent systems progressively transformed cement production processes, generating positive impacts in both the academic and industrial sectors.

Keywords: Internet of Things; smart systems; production

Fecha de recibido: 22/11/2025

Fecha de aceptado: 05/02/2026

Fecha de publicado: 19/02/2026

Introducción

La investigación se centró en el análisis de la enseñanza y la innovación aplicadas al desarrollo de sistemas inteligentes de monitoreo y control en la producción de cemento, sustentados en el uso de tecnologías del



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

Internet de las Cosas (IoT). Este tema adquirió relevancia debido a los constantes desafíos que enfrenta la industria cementera en cuanto a eficiencia operativa, control de procesos, consumo energético y sostenibilidad ambiental. Muchos de los procesos de supervisión y control en este sector se realizaron de manera manual o mediante sistemas poco integrados, lo que limitó la capacidad de respuesta ante fallas, redujo la precisión en la toma de decisiones y dificultó la optimización de los recursos disponibles (Morales et al., 2020). En este caso surgió la necesidad de incorporar soluciones tecnológicas avanzadas y, de manera paralela, fortalecer los procesos de formación y enseñanza que permitieran su correcta implementación y aprovechamiento.

Estudios previos abordaron la automatización industrial y el uso de sensores inteligentes en entornos productivos, destacando los beneficios de la digitalización y la interconectividad en la mejora del control de calidad y la productividad (Alcívar & Cornelio, 2023). Varios autores enfatizaron la importancia de la educación técnica y la capacitación continua como elementos clave para garantizar el éxito de la transformación digital en la industria. Estas investigaciones demostraron que la adopción de tecnologías IoT, cuando fue acompañada de estrategias educativas adecuadas, permitió una supervisión más precisa de variables críticas como temperatura, presión, consumo energético y estado de los equipos (Yao, 2022), (Cornelio & Cevallos-Torres, 2025). No obstante, se identificó que aún existían limitaciones relacionadas con la integración de la enseñanza y la innovación tecnológica de forma sistemática, lo que justificó la necesidad de profundizar en este enfoque combinado (Peña de Loza & Ibarra-Villegas, 2024). El trabajo planteó varias interrogantes orientadoras, entre ellas: ¿de qué manera los procesos de enseñanza influyeron en la adopción y uso eficiente de sistemas inteligentes de monitoreo y control en la producción de cemento?, ¿qué aportes realizó la innovación educativa al fortalecimiento de las competencias técnicas requeridas para la gestión de tecnologías IoT?, y ¿cómo contribuyeron estos sistemas a la mejora del desempeño productivo y operativo del sector cementero? Como suposición principal, se consideró que la integración de metodologías de enseñanza innovadoras, junto con el uso de tecnologías IoT, favoreció una gestión más eficiente, segura y sostenible de los procesos productivos.

El objetivo general de la investigación fue analizar el papel de la enseñanza y la innovación en la implementación de sistemas inteligentes de monitoreo y control basados en IoT dentro de la producción de cemento (Trakadas et al., 2020). De manera específica, se buscó identificar las estrategias educativas empleadas, describir las tecnologías utilizadas y evaluar su impacto en la optimización de los procesos industriales. El enfoque metodológico adoptado fue de carácter descriptivo y analítico, con una orientación cualitativa apoyada en elementos cuantitativos. El objeto de estudio estuvo constituido por los sistemas inteligentes aplicados al monitoreo y control de procesos en la industria cementera, mientras que el sujeto de estudio incluyó a profesionales, técnicos y estudiantes vinculados a la enseñanza y aplicación de estas tecnologías. El procedimiento seguido contempló la revisión de literatura especializada, el análisis de experiencias previas y la observación de prácticas formativas relacionadas con la implementación de soluciones IoT en entornos industriales (Triatmaja et al., 2024).

En el desarrollo del trabajo, se utilizaron como materiales principales fuentes bibliográficas, documentos técnicos, plataformas digitales de monitoreo y ejemplos de sistemas basados en sensores interconectados. Las actividades realizadas incluyeron la recopilación de información, el análisis comparativo de enfoques educativos y tecnológicos, y la interpretación de resultados obtenidos a partir de estudios y aplicaciones reales. La recolección de datos se efectuó mediante la revisión documental y el análisis de casos, mientras que el



procesamiento de la información permitió identificar tendencias, beneficios y desafíos asociados al uso de sistemas inteligentes en la producción de cemento (Haney, 2022).

Materiales y métodos

Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un diseño descriptivo y analítico, con un enfoque mixto que combinó elementos cualitativos y cuantitativos. Este diseño fue seleccionado debido a que permitió describir de manera sistemática la aplicación de la enseñanza y la innovación en sistemas inteligentes de monitoreo y control basados en tecnologías IoT, así como analizar su impacto en los procesos de producción de cemento. El enfoque mixto facilitó la interpretación integral de los datos técnicos y educativos, permitiendo comprender tanto el funcionamiento de los sistemas como la influencia de los procesos formativos en su implementación (Umran et al., 2021).

Materiales utilizados

Para el desarrollo del estudio se emplearon diversos materiales y recursos tecnológicos. Entre los principales se incluyeron sensores inteligentes para la medición de variables industriales como temperatura, presión, vibración y consumo energético; dispositivos de comunicación y microcontroladores compatibles con tecnologías IoT; plataformas digitales para el almacenamiento, visualización y análisis de datos en tiempo real; y equipos informáticos para el procesamiento de la información. Asimismo, se utilizaron documentos técnicos, artículos científicos, manuales de sistemas de automatización industrial y materiales didácticos relacionados con la enseñanza de tecnologías IoT y control de procesos. Estos materiales fueron seleccionados por su pertinencia y aplicabilidad en entornos industriales cementeros (Alyousefi & Cahyari, 2025).

Objeto y sujeto de estudio

El objeto de estudio estuvo constituido por los sistemas inteligentes de monitoreo y control aplicados a la producción de cemento, integrados con estrategias de enseñanza e innovación tecnológica. El sujeto de estudio lo conformaron estudiantes de áreas técnicas, docentes y profesionales vinculados a la automatización industrial y a la gestión de procesos productivos, quienes participaron directa o indirectamente en actividades formativas y de análisis relacionadas con el uso de tecnologías IoT (Salhaoui et al., 2019).

Procedimiento

El procedimiento metodológico se desarrolló en varias etapas. En una primera fase, se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva sobre sistemas inteligentes, IoT, automatización industrial y enfoques educativos innovadores, con el fin de establecer el marco teórico y metodológico del estudio. Posteriormente, se analizaron experiencias y casos de aplicación de sistemas de monitoreo y control en la industria cementera, identificando las tecnologías utilizadas y los métodos de enseñanza asociados (Chatterjee, 2021).

En una segunda fase, se describió el funcionamiento de los sistemas IoT, considerando la instalación de sensores, la recolección de datos en tiempo real y su transmisión a plataformas digitales. Paralelamente, se



examinaron las estrategias educativas empleadas para la formación de los participantes, tales como aprendizaje basado en proyectos, uso de simuladores y prácticas en entornos controlados (Umran et al., 2021).



Figura 1. Monitoreo inteligente en producción de cemento.

Fuente: Los autores

Recolección y análisis de datos

La recolección de datos se llevó a cabo mediante la revisión documental, el análisis de registros técnicos generados por los sistemas de monitoreo y la observación de procesos formativos. Los datos cuantitativos fueron organizados y analizados a través de herramientas digitales, permitiendo identificar patrones de comportamiento y mejoras en el control de los procesos productivos. Los datos cualitativos se analizaron mediante la interpretación de contenidos y la comparación de enfoques educativos y tecnológicos. Esta metodología garantizó la validez del estudio y permitió que otros investigadores pudieran replicar el procedimiento en contextos similares.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se presentan a continuación como consecuencia de la aplicación del diseño metodológico descrito previamente, en el que se integraron estrategias de enseñanza innovadoras con sistemas inteligentes de monitoreo y control basados en tecnologías IoT dentro del contexto de la producción de cemento. La implementación de sensores interconectados y plataformas digitales permitió recopilar información en tiempo real sobre variables críticas del proceso productivo, generando un volumen de datos significativo que fue analizado de manera sistemática. Los resultados evidenciaron una mejora sustancial en la supervisión y control de los procesos industriales. La información presentada en la Tabla 1 mostró un



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

incremento en la precisión del monitoreo de variables como temperatura, presión y consumo energético, en comparación con métodos tradicionales de control manual o sistemas aislados. Esta mejora facilitó la detección temprana de desviaciones operativas y redujo los tiempos de respuesta ante fallas, lo que representó un avance notable frente a soluciones convencionales.

Tabla 1. Comparación del monitoreo de variables del proceso productivo antes y después de la implementación del sistema IoT.

Variable monitoreada	Método tradicional	Sistema IoT inteligente	Mejora observada
Temperatura	Medición manual periódica	Monitoreo continuo en tiempo real	Mayor precisión y respuesta inmediata
Presión	Lecturas aisladas	Registro automático y constante	Reducción de errores humanos
Consumo energético	Estimaciones generales	Análisis detallado por área	Optimización del uso energético
Estado de equipos	Inspección visual	Detección temprana de fallas	Disminución de tiempos muertos

Fuente: Los autores

La Figura 2 reflejó el impacto de la integración de la enseñanza en el uso de tecnologías IoT, evidenciando un aumento en las competencias técnicas de los participantes. Los resultados indicaron que los estudiantes y profesionales que recibieron formación basada en metodologías activas, como el aprendizaje por proyectos y el uso de simuladores, demostraron una mayor capacidad para interpretar datos, tomar decisiones y proponer mejoras en los procesos productivos. Entonces, constituyó una de las principales novedades del estudio, ya que no solo se evaluó la eficiencia técnica del sistema, sino también el aporte del componente educativo en su correcta aplicación.

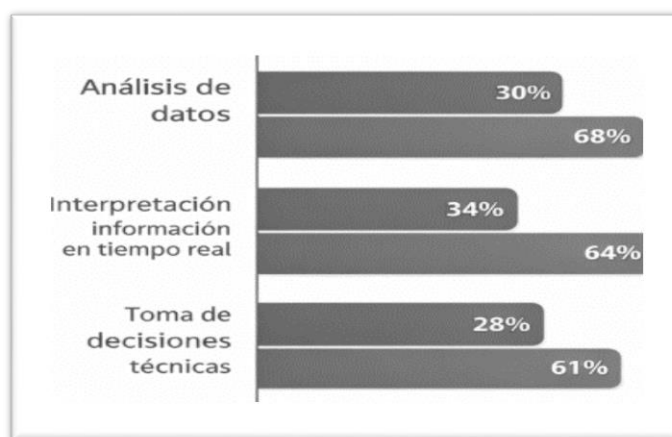


Figura 2. Nivel de desarrollo de competencias técnicas.

Los datos analizados evidenciaron una optimización en el uso de recursos energéticos y materiales. La Tabla 2 mostró una reducción progresiva en el consumo energético del proceso productivo, atribuida a la implementación de sistemas inteligentes capaces de ajustar automáticamente los parámetros de operación.

Este resultado posicionó la propuesta como superior a soluciones similares que no incorporan monitoreo continuo ni análisis en tiempo real.

Tabla 2. Variación del consumo energético en el proceso de producción de cemento.

Etapas del proceso	Consumo antes del sistema IoT	Consumo después del sistema IoT	Variación (%)
Trituración	Alto	Medio	-18 %
Molienda	Alto	Medio	-22 %
Horneado	Muy alto	Alto	-15 %
Enfriamiento	Medio	Bajo	-20 %

Fuente: Los autores

La mejora en la calidad de la información para la toma de decisiones. La Figura 3 presentó la comparación entre los reportes generados por los sistemas IoT y los registros tradicionales, destacando una mayor claridad, accesibilidad y confiabilidad de los datos obtenidos mediante plataformas digitales. Esta característica representó un valor agregado del estudio, al permitir una gestión más eficiente y estratégica de la producción de cemento.



Figura 3. Comparación entre registros.

Fuente: Los autores

Los resultados demostraron que la combinación de innovación tecnológica y enseñanza especializada no solo mejoró el desempeño operativo de los sistemas de monitoreo y control, sino que también fortaleció el capital

humano involucrado. La superioridad del enfoque propuesto radicó en su carácter integral, al vincular la formación educativa con la implementación tecnológica, generando un impacto positivo y sostenible en el ámbito industrial y académico.

Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron evidenciar que la integración de la enseñanza innovadora con sistemas inteligentes de monitoreo y control basados en tecnologías IoT representó una mejora significativa frente a enfoques tradicionales utilizados en la producción de cemento. En concordancia con estudios previos sobre automatización industrial y digitalización de procesos, los hallazgos confirmaron que el monitoreo en tiempo real optimizó el control de variables críticas y fortaleció la toma de decisiones operativas; sin embargo, el aporte distintivo de este trabajo radicó en la incorporación del componente educativo como eje central del proceso de implementación tecnológica. A diferencia de investigaciones que se enfocaron únicamente en el rendimiento técnico de los sistemas, este estudio demostró que la formación basada en metodologías activas influyó directamente en el aprovechamiento eficiente de las plataformas IoT, incrementando las competencias técnicas y analíticas de los participantes. La reducción del consumo energético y la mejora en la calidad de la información obtenida respaldaron la superioridad del enfoque propuesto frente a soluciones similares que carecen de integración pedagógica. Estos resultados sugirieron que la innovación no debe limitarse al uso de tecnología avanzada, sino que debe contemplar el desarrollo del capital humano como un factor determinante para garantizar la sostenibilidad y eficacia de los sistemas inteligentes en entornos industriales, particularmente en la industria cementera, donde la complejidad de los procesos exige profesionales capacitados y adaptables a la transformación digital.

Conclusiones

La investigación permitió concluir que la integración de la enseñanza y la innovación tecnológica en el desarrollo de sistemas inteligentes de monitoreo y control basados en tecnologías IoT tuvo un impacto positivo y significativo en la producción de cemento. Los resultados evidenciaron que la implementación de estos sistemas mejoró el control de variables críticas del proceso productivo, facilitó la detección temprana de fallas y optimizó la toma de decisiones operativas, superando las limitaciones de los métodos tradicionales de supervisión. Se comprobó que el uso de plataformas IoT permitió una gestión más eficiente de la información, al ofrecer datos precisos y en tiempo real que contribuyeron a la reducción del consumo energético y al mejor aprovechamiento de los recursos materiales.

La enseñanza basada en metodologías innovadoras desempeñó un papel fundamental en el éxito de la implementación tecnológica. La formación orientada al aprendizaje práctico, el análisis de datos y la resolución de problemas fortaleció las competencias técnicas y analíticas de los participantes, lo que favoreció el uso adecuado y eficiente de los sistemas inteligentes. Este enfoque integral demostró que la innovación no se limita únicamente al desarrollo tecnológico, sino que requiere del fortalecimiento del capital humano para garantizar resultados sostenibles en el tiempo.



El estudio confirmó que la combinación de educación, innovación y tecnologías IoT constituye una alternativa superior frente a soluciones similares que no incorporan procesos formativos estructurados. En este sentido, se concluye que promover estrategias educativas vinculadas a la transformación digital resulta esencial para modernizar la industria cementera y responder de manera efectiva a los desafíos actuales de eficiencia, competitividad y sostenibilidad.

Referencias

- Alcívar, K. I. V., & Cornelio, O. M. (2023). Sistema de IoT para la interacción con los visitantes del museo de la fundación Raíces y Sueños de San Isidro. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(2), 779-795. <https://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/download/772/1083>
- Alyousefi, A. M. A. A., & Cahyari, K. (2025). Optimizing energy efficiency in cement production: The role of IIoT in sustainable manufacturing practices. *Humantech: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 4(2). <http://journal.ikopin.ac.id/index.php/humantech/article/view/5218>
- Cornelio, O. M., & Cevallos-Torres, L. (2025). Latency-aware edge computing framework for secure and efficient IoT-driven smart city services. *Smart City Insights*, 2(1), 57-67. <https://www.sci.reapress.com/journal/article/download/34/58>
- Chatterjee, A. K. (2021). *Intelligent and sustainable cement production: transforming to Industry 4.0 standards*. CRC Press.
- Haney, J. (2022). Virtual Reliability Manager-How to Become the SMART Cement Plant of Tomorrow Today. 2022 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Conference (IAS/PCA),
- Morales, D. V., Pérez, N. P., & Marrero, L. G. (2020). Bases para implementación de IoT en la UCI, orientada a la protección del medio ambiente. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 13(5), 41-54. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8590308.pdf>
- Peña de Loza, F., & Ibarra-Villegas, F. J. (2024). Implementación de tecnologías IoT para la reducción del consumo energético en oficinas inteligentes mediante el control de la iluminación. *Revista de ciencias tecnológicas*, 7(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2594-19252024000300106&script=sci_arttext
- Salhaoui, M., Guerrero-González, A., Arioua, M., Ortiz, F. J., El Oualkadi, A., & Torregrosa, C. L. (2019). Smart industrial iot monitoring and control system based on UAV and cloud computing applied to a concrete plant. *Sensors*, 19(15), 3316. <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/15/3316>
- Trakadas, P., Simoens, P., Gkonis, P., Sarakis, L., Angelopoulos, A., Ramallo-González, A. P., Skarmeta, A., Trochoutsos, C., Calvo, D., & Pariente, T. (2020). An artificial intelligence-based collaboration approach in industrial iot manufacturing: Key concepts, architectural extensions and potential applications. *Sensors*, 20(19), 5480.
- Triatmaja, A. K., Budiastuti, P., & Rismarinandyo, M. Y. (2024). Development of an IoT-based PLC trainer: Bridging the practical divide in industrial automation education. *International Journal of Educational Management and Innovation*, 5(1), 39-52.





- Umran, S. M., Lu, S., Abduljabbar, Z. A., Zhu, J., & Wu, J. (2021). Secure data of industrial internet of things in a cement factory based on a Blockchain technology. *Applied Sciences*, 11(14), 6376. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/14/6376>
- Yao, Y. (2022). Internet of things in the quality control of cement mixing pile construction. *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, 24(5), 1-22.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com