

Modelo de gestión de Responsabilidad Social Corporativa para la optimización de la operación y mantenimiento en pequeñas centrales hidroeléctricas

Corporate Social Responsibility management model for the optimization of operation and maintenance in small hydroelectric plants

Dr. En C y T. **Yorley Arbella Feliciano**

Universidad de Holguín, CUBA

<https://orcid.org/0000-0003-0777-5311>

yarbellaf@uho.edu.cu

Dra. en C. y A. **Marcela Jaramillo-Jaramillo**

Centro Universitario UAEMéx Temascaltepec, MX

<https://orcid.org/0000-0002-2435-7034>

mjaramilloj@uaemex.mx

Mtra. En D. **Elizabeth Guilarte Barinaga**

Miami-Dade College, FL, USA

<https://orcid.org/0000-0002-5367-1233>

baguie@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este artículo es proponer un modelo integrado de gestión de la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) aplicado a la operación y mantenimiento (O&M) de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCHE), mediante el desarrollo de un controlador automático de ventilación que mitigue el impacto de gases contaminantes y variables climáticas. El problema central radica en que la PCHE Mayarí enfrenta desafíos técnicos, por condiciones ambientales tropicales y gases (SO_2 y NO), que comprometen la infraestructura automática y la sostenibilidad operativa. La metodología empleada tiene un enfoque mixto: monitoreo de gases con analizador GASBOARD-3800P; modelación termodinámica y geométrica en ANSYS Fluent y SolidWorks; gestión bajo metodología ágil Scrum y aplicación de normativas internacionales (ANSI/ISA, IEC). Los resultados identificaron altas concentraciones de SO_2 (140-180 ppm) y una correlación positiva (0.94) entre temperatura y contaminantes, además de condensación por humedad superior al 80%. Como solución, se diseñó la ingeniería conceptual, básica y de detalle de un controlador para ventilación forzada con indicadores verificables. Las conclusiones parciales indican que la integración de la RSC en la O&M requiere modelos predictivos adaptados a contextos locales para asegurar el cumplimiento de los ODS 7, 9, 11

y 13. La experiencia en Mayarí se establece como un referente metodológico para la validación de coeficientes de impacto en contextos con mayor densidad de datos, garantizando así la rentabilidad y el apalancamiento de fondos internacionales.

Palabras clave: Responsabilidad Social Corporativa, Central hidroeléctrica, Operación y Mantenimiento, ODS, Cuba.

ABSTRACT

The objective of this article is to propose an integrated Corporate Social Responsibility (CSR) management model applied to the operation and maintenance (O&M) of small hydroelectric plants (PCHE), through the development of an automatic ventilation controller that mitigates the impact of polluting gases and climatic variables. The central problem is that the Mayarí PCHE faces technical challenges due to tropical environmental conditions and gases (SO_2 and NO) that compromise the automatic infrastructure and operational sustainability. The methodology employed uses a mixed-method approach: gas monitoring with the GASBOARD-3800P analyzer; thermodynamic and geometric modeling in ANSYS Fluent and SolidWorks; management under agile Scrum methodology and application of international regulations (ANSI/ISA, IEC). The results identified high concentrations of SO_2 (140-180 ppm) and a positive correlation (0.94) between temperature and contaminants, in addition to condensation due to humidity greater than 80%. As a solution, the conceptual, basic and detailed engineering of a controller for forced ventilation with verifiable indicators was designed. The partial conclusions indicate that the integration of CSR in O&M requires predictive models adapted to local contexts to ensure compliance with SDGs 7, 9, 11 and 13. The experience in Mayarí is established as a methodological reference for the validation of impact coefficients in contexts with greater data density, thus guaranteeing the profitability and leverage of international funds.

Keywords: Corporate Social Responsibility, Hydroelectric Power Plant, Operation and Maintenance, ODS, Cuba.

Introducción

En la actualidad, la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) se ha consolidado como un eje estratégico en la planificación, diseño y evaluación de proyectos hidroenergéticos a nivel global (Arbella Feliciano, 2025). En el sector de las energías renovables, y específicamente en las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHE), la RSC no es solo un compromiso ético, sino una herramienta técnica que permite garantizar la eficiencia energética, minimizar el impacto ambiental y cumplir con los rigurosos estándares financieros de grupos inversionistas internacionales. De este modo, una gestión adecuada de la RSC facilita el apalancamiento de fondos destinados a proyectos que tributen directamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030.

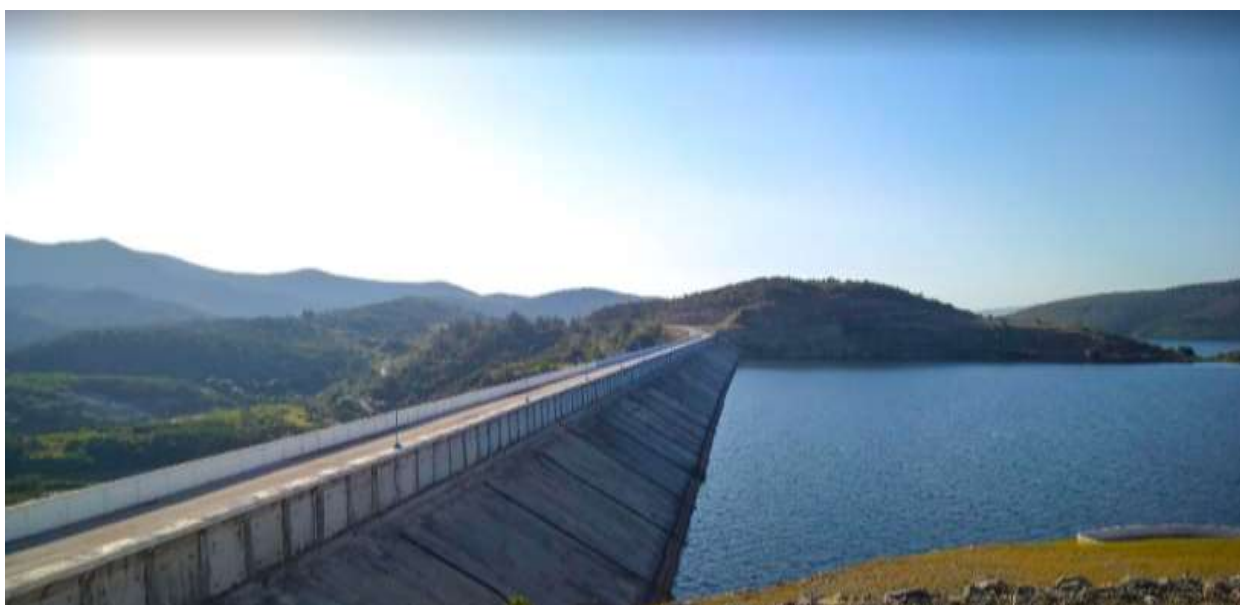
Cuba, inmersa en una transformación energética prioritaria, ha identificado en la generación hidroeléctrica una fuente clave para diversificar su matriz y reducir la dependencia de combustibles fósiles. Este esfuerzo se materializa en el programa territorial PT223HO002, "Transformación energética de la provincia Holguín", y específicamente en el proyecto PT223HO002-017 enfocado en el controlador para la Operación y Mantenimiento (O&M) de la PCHE Mayarí. Sin embargo, investigaciones recientes indican que el impacto de la RSC debe ser evaluado en todas las fases del ciclo de vida del proyecto —antes, durante y después de la instalación— para asegurar que los beneficios alcancen tanto a los inversionistas como a las comunidades locales (Saraíba-Núñez et al., 2023).

A pesar de su importancia, la implementación de modelos de RSC en el contexto cubano enfrenta desafíos significativos. La escasez de información técnica y el reducido tamaño muestral de casos de estudio limitan el establecimiento de indicadores que permitan cuantificar el impacto de la O&M sobre el entorno social y ambiental. Esta limitación contrasta con realidades como la de México, donde la disponibilidad de datos sobre diversas hidroeléctricas facilita la validación de modelos matemáticos y de gestión.

En el caso específico de la PCHE Mayarí, las condiciones microclimáticas adversas —clima húmedo de sabana y presencia de gases contaminantes— han generado problemas de corrosión en equipos que estudios previos (Geocuba, 2020; UHo, 2021) aún no han logrado resolver de manera definitiva.

Figura 1.

Margen del embalse que alimenta hidráulicamente la PCHE Mayarí

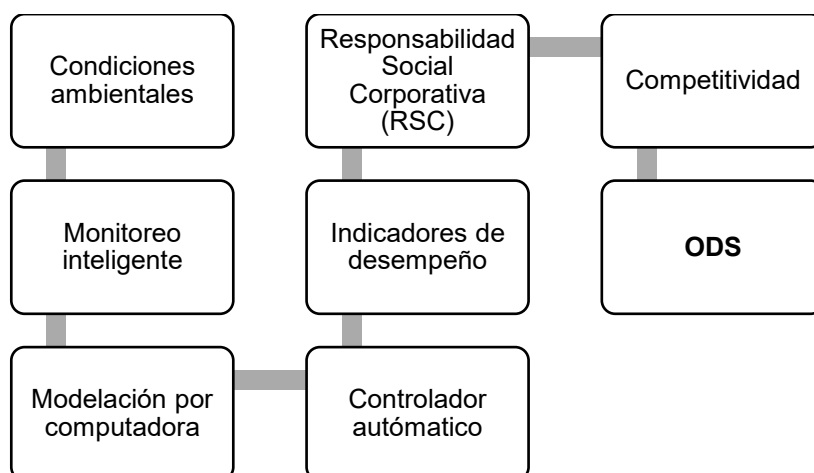


Ante este escenario, el presente artículo tiene como **objetivo** proponer un modelo integrado de gestión de la RSC aplicado a la O&M de hidroeléctricas, fundamentado en el desarrollo de un controlador automático para sistemas de ventilación que mitigue el impacto de variables ambientales en la PCHE Mayarí. Se busca establecer una guía de autocontrol rigurosa que defina coeficientes cuantificables, permitiendo validar la eficacia de la RSC en la protección de activos y el cumplimiento de los ODS (1, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 13 y 17), con una proyección de validación externa en contextos con mayor densidad de datos como el mexicano.

Para cumplir el objetivo se propone el modelo integrado de innovación tecnológica para la gestión de la Responsabilidad Social Corporativa, que puede ser adaptado y validado a otras pequeñas centrales hidroeléctricas con características similares, véase la figura 2.

Figura 2.

Modelo Integrado de Innovación Tecnológica para la Gestión de la RSC.



Nota: Elaboración propia con base en el análisis.

A partir de este diagrama se desarrolla la metodología y posteriormente se presentan los resultados que respaldarán la viabilidad de la propuesta. El trabajo se integra por seis apartados, después de la introducción se integra la metodología, en tercer lugar, se detallan los resultados, a continuación, se plasma la discusión, para después plantear las conclusiones, por último, se enlistan las referencias bibliográficas.

Metodología

Se desarrolló una investigación aplicada de tipo mixto, que combina métodos empíricos (monitoreo *in situ*) y teóricos (modelación matemática y simulación numérica), estructurada bajo las fases del proyecto **PT223HO002-017 (2024-2026)**. El estudio se centra en la PCHE Mayarí, Holguín, caracterizada por un microclima húmedo de sabana y condiciones particulares de confinamiento en túnel. Plantean (Arbella-Feliciano et al., 2023; Feliciano et al., 2020) la importancia del control a las variables termodinámicas en el comportamiento tecnológico de las infraestructuras energéticas.

Monitoreo y Caracterización Ambiental

Se empleó el analizador portátil **GASBOARD-3800P** (tecnología Micro-flow NDIR y sensores electroquímicos) para la medición de los gases, además de variables termodinámicas. El muestreo se realizó el 8 de mayo de 2024, estableciendo seis puntos estratégicos: entrada, sala de control, área de transformadores y unidades de generación (1, 2 y 3), como se muestra en la figura 3.

Figura 3.

Zonas de medición de los parámetros ambientales en la PCHE Mayarí.



Los datos se recolectaron en ciclos de 10 minutos con una frecuencia de almacenamiento de 10 segundos, siguiendo protocolos de seguridad y calibración del fabricante, en la tabla 1 se evidencia una muestra de las mediciones realizadas.

Tabla 1.

Concentraciones promedio de gases por punto de muestreo.

Punto de muestreo	SO ₂ (ppm)	NO (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (%)	T amb (°C)
Entrada	152	597	247	0.07	32.8
Sala de máquinas	170	643	326	0.44	34.9
Sala de control	157	592	217	0.40	22.7
Frente transformador	153	587	219	0.32	27.5

Nota: Elaboración propia.

Marco Normativo y Simulación Computacional

El análisis y los límites de control se fundamentaron en estándares internacionales y nacionales: **ANSI/ISA-71.04-2013** para contaminantes en sistemas de control, **CEI/IEC 654-4:1987** para condiciones de operación, y las normas cubanas **NC TS 803** y **NC 872** sobre emisiones y salud laboral. Para la modelación de fenómenos físicos se utilizaron:

ANSYS Fluent: Simulación de dinámica de fluidos (CFD) y transferencia de calor.

SolidWorks y AutoCAD: Modelación 3D de la instalación mediante ingeniería inversa.

HAP (Hourly Analysis Program): Evaluación del impacto de la humedad relativa en la infraestructura.

Diseño del Controlador mediante Metodologías Ágiles

Se aplicó el marco de trabajo **Scrum** para el desarrollo del controlador automático, organizado en tres etapas de ingeniería:

Conceptual: Requisitos funcionales y alineación con objetivos de inversión.

Básica: Selección de hardware (PLC) y arquitectura de funciones.

De detalle: Programación en **TIA Portal**, protocolos de comunicación **Modbus RTU** y diseño de planos de fabricación.

Definición de Indicadores de RSC

La integración de la Responsabilidad Social Corporativa se operacionalizó mediante coeficientes de impacto vinculados a:

Sostenibilidad: Cumplimiento de los ODS (1, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 13 y 17).

Eficiencia: Reducción de emisiones y optimización del consumo energético del sistema de ventilación.

Continuidad: Disponibilidad operativa y reducción de costos de mantenimiento (O&M).

Resultados

Monitoreo de gases contaminantes

Presencia de SO₂: Se detectó dióxido de azufre en todos los puntos de muestreo, con concentraciones entre 140 y 180 ppm (Tabla 1). La sala de máquinas presentó los valores más elevados (170-176 ppm), mientras que la sala de control mostró concentraciones ligeramente inferiores (152-159 ppm). Se identificó una correlación positiva fuerte ($r=0.94$) entre la temperatura ambiental y las concentraciones de SO₂ (Figura 2).

Presencia de NO: El óxido nítrico se detectó en toda la instalación con valores medios alrededor de 600 ppm, alcanzando picos de 663 ppm en sala de máquinas.

Comportamiento de CO y CO₂: Las concentraciones de monóxido de carbono oscilaron entre 200 y 350 ppm, mientras que el dióxido de carbono se mantuvo en rangos de 0.03-0.57%.

Temperatura ambiental: A pesar de que el sistema de ventilación se encontraba desconectado durante las mediciones (debido al incendio forestal), la temperatura se mantuvo por debajo de 30°C en la mayoría de los puntos, cumpliendo especificaciones del fabricante (máximo 35°C para sala de máquinas, 28°C para sala de control).

Modelación termodinámica

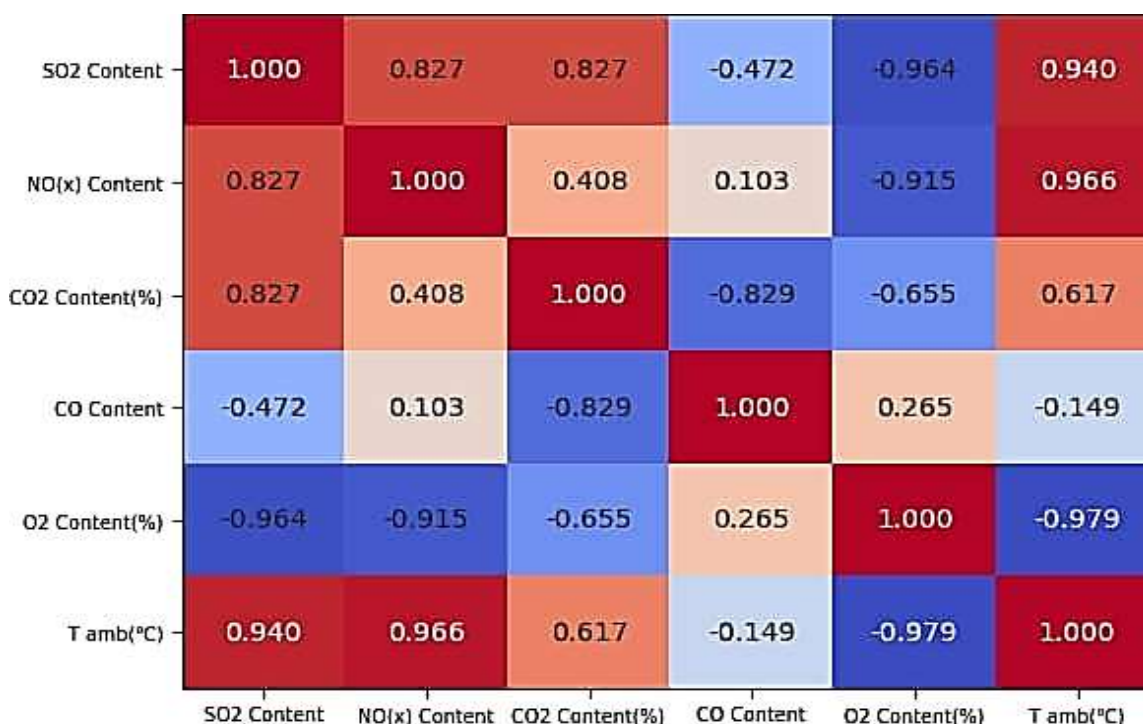
Las simulaciones en ANSYS Fluent revelaron que las variaciones en temperatura ambiente (rango 18-37°C) afectan significativamente la eficiencia del intercambiador térmico, con desviaciones de hasta 12% respecto a condiciones estándar. La composición de gases en el interior de la PCHE mostró dependencia de la humedad relativa y la temperatura exterior.

Simulación de humedad relativa

Los análisis con HAP evidenciaron que humedades relativas superiores al 80% generan capas de condensación en placas internas y sistemas de control automatizado, reduciendo su vida útil. Este hallazgo es crítico considerando que la humedad relativa en la zona oscila entre 77 y 85%. Del muestreo realizado en las mediciones de la concentración de gases en la PCHE se estableció la siguiente correlación.

Figura 4.

Correlación de los gases contaminantes.



Diseño del controlador automático

Como respuesta a los resultados del monitoreo y modelación, se desarrolló la ingeniería para un controlador automático del sistema de ventilación forzada. El cuadro 1 resume los resultados alcanzados por objetivo del proyecto.

Cuadro 1.

Resultados del diseño del controlador automático

Objetivo	Resultado	Actividades	Indicadores verificables
Caracterización de condiciones operacionales	Diseños mediante ingeniería inversa	Visita a instalación, levantamiento geométrico y tecnológico	Acta de compromiso, planos geométricos, base de datos de monitoreo
	Diagnóstico del sistema de ventilación	Base de datos de variables climáticas	Informes parciales de monitoreo
Diseño de autómata	Ingeniería conceptual	Propuesta de diseño aprobada por cliente	Planos de diseño, software de control
	Ingeniería básica	Definición de suministros y funciones	Especificaciones técnicas

	Ingeniería de detalle	Planos y software para fabricación	Documentación ejecutiva
--	-----------------------	------------------------------------	-------------------------

El controlador propuesto opera mediante algoritmos de control predictivo basados en modelos matemáticos que relacionan temperatura, humedad relativa y concentración de gases. La estrategia de control incluye:

Monitoreo continuo de variables ambientales

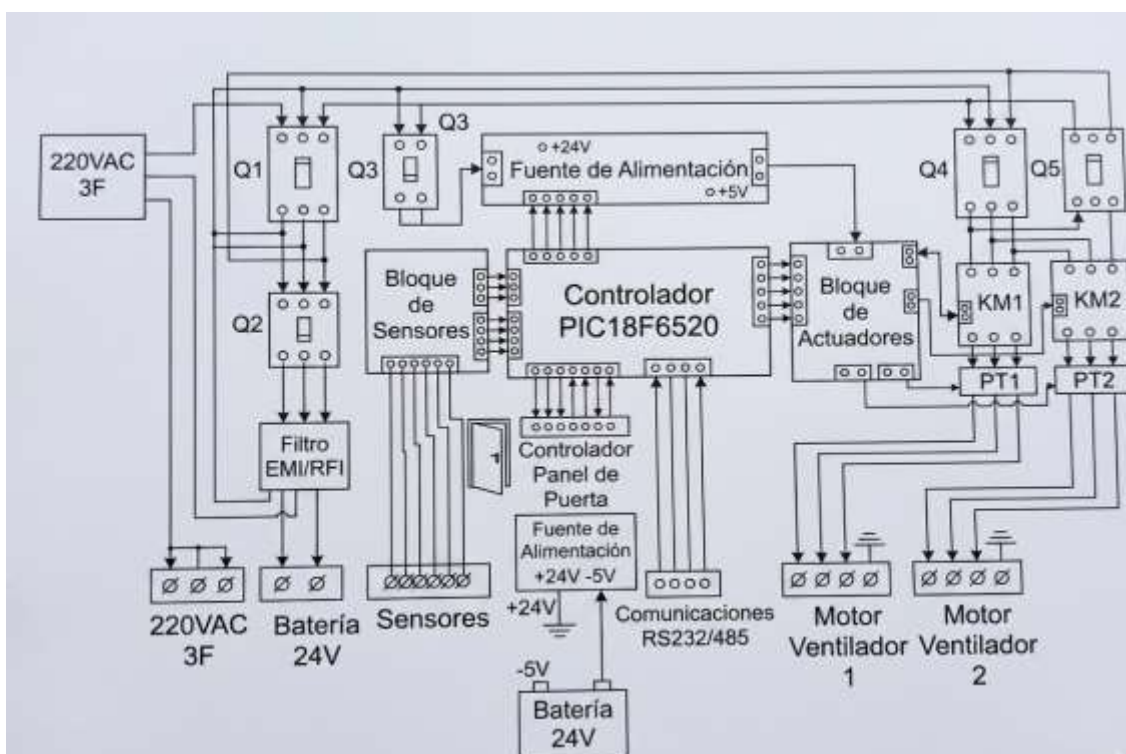
Activación automática de ventiladores según umbrales predefinidos

Registro histórico para optimización de patrones de operación

Interfaz HMI para supervisión local y remota.

Figura 5.

Diseño de autómeta.



Cumplimiento de ODS

El proyecto contribuye directa o colateralmente a nueve ODS:

ODS 1 (Fin de la pobreza): Mejora la disponibilidad energética para comunidades rurales

ODS 3 (Salud y bienestar): Reduce exposición a gases contaminantes

ODS 7 (Energía asequible y no contaminante): Optimiza generación hidroeléctrica

ODS 8 (Trabajo decente): Genera capacidades técnicas locales

ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura): Desarrolla tecnología de control autóctona

ODS 10 (Reducción de desigualdades): Equilibra acceso a tecnología

ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles): Garantiza infraestructura resiliente

ODS 13 (Acción por el clima): Mitiga impactos de eventos climáticos extremos

ODS 17 (Alianzas para lograr objetivos): Articula Universidad-Empresa-Estado

Por su parte en el cuadro 2, se resume el aporte del modelo propuesto especificando por cada componente la innovación y el beneficio que genera, lo cual demuestra que la incorporación de herramientas de monitoreo inteligente, simulación por computadora y la automatización industrial puede constituirse dentro de un plan de gestión de Responsabilidad Social Corporativa adaptable en las pequeñas centrales hidroeléctricas.

Cuadro 2.

Contribución tecnológica del modelo propuesto.

Componente	Innovación	Beneficio
Monitoreo ambiental	Sensores inteligentes	Diagnóstico continuo
Simulación CFD	Predicción térmica	Reducción de riesgos
PLC	Automatización	Mayor confiabilidad
HMI	Supervisión remota	Mejor toma de decisiones
Indicadores RSC	Evaluación integral	Mejora continua
ODS	Vinculación estratégica	Sostenibilidad

Nota: Elaboración propia con base a los resultados.

Discusión

La propuesta aumenta la competitividad al disminuir tiempos de respuesta, beneficiar el mantenimiento basado en condición, reducir riesgos por corrosión y robustecer la sostenibilidad operativa a través de automatización inteligente.

Implicaciones de la presencia de gases contaminantes

La detección de SO₂ en concentraciones de 140-180 ppm en la PCHE Mayarí constituye un hallazgo crítico con implicaciones directas para la RSC en O&M. Según la norma ANSI/ISA-71.04-2013, niveles de SO₂ superiores a 30 ppm se clasifican como severos para equipos electrónicos, causando corrosión acelerada en contactos de cobre y plata. La correlación positiva con la temperatura ($r=0.94$) sugiere que el control térmico es determinante para mitigar efectos corrosivos.

La presencia de NO (~600 ppm) agrava el escenario, pues combinado con humedad forma ácido nítrico, altamente corrosivo. Estos resultados validan las observaciones de estudios previos (GeoCuba, 2018; UHo, 2021) y justifican la necesidad del controlador automático propuesto.

Es importante señalar que las mediciones se realizaron en condiciones atípicas (incendio forestal reciente y sistema de ventilación desconectado). Sin embargo, ello evidencia la vulnerabilidad de la instalación ante eventos externos, aspecto que debe incorporarse en los planes de gestión de riesgos de la RSC.

Modelación como herramienta de RSC

La modelación matemática del comportamiento termodinámico (Arbella Feliciano et al., 2025) y la simulación numérica de humedad relativa (Pérez Rodríguez et al., 2025) demostraron ser herramientas fundamentales para anticipar problemas y diseñar soluciones. Esta aproximación predictiva es coherente con los principios de RSC, que exigen anticipación y prevención sobre corrección.

El uso de software especializado (ANSYS Fluent, SolidWorks, HAP) permitió:

Visualizar distribuciones de temperatura y concentración de gases

Identificar zonas críticas para la instrumentación

Evaluar escenarios de fallo y estrategias de mitigación

Optimizar la ubicación de sensores y actuadores

Integración de metodologías ágiles en proyectos de RSC

La aplicación de Scrum para la gestión del diseño del autómata (Salazar Pérez et al., 2025) representó una innovación metodológica en proyectos de ingeniería cubanos. Las iteraciones cortas y la retroalimentación continua con el cliente (ENFRE) permitieron:

Adaptar requisitos técnicos a condiciones reales.

Identificar cuellos de botella en comunicación sensor-PLC.

Desarrollar capacidades en operarios locales mediante entrenamiento progresivo.

Esta experiencia sugiere que las metodologías ágiles pueden potenciar la RSC al hacerla más participativa y adaptable a contextos cambiantes.

Coefficientes de impacto para RSC en hidroeléctricas

A partir de los resultados obtenidos, se proponen coeficientes preliminares para cuantificar el impacto de la RSC en O&M:

Coefficiente de calidad ambiental (C_amb): Relación entre concentraciones reales de contaminantes y valores normativos. Para SO₂: $C_{amb} = [SO_2] / 30 \text{ ppm}$ (norma ISA). Valores >1 indican condición crítica.

Coeficiente de eficiencia energética (C_{ee}): Relación entre consumo energético del sistema de ventilación y energía generada. El controlador propuesto busca minimizar este coeficiente mediante activación selectiva.

Coeficiente de disponibilidad operativa (C_{disp}): Porcentaje de tiempo en que la instalación opera dentro de parámetros normativos. El proyecto aspira a $C_{disp} > 95\%$.

Coeficiente de contribución a ODS (C_{ODS}): Número de ODS impactados positivamente ponderado por intensidad de contribución. En este caso, 9 ODS con impacto directo en 4 (7, 9, 11, 13).

Limitaciones y proyección internacional

La principal limitación del estudio es el carácter puntual de las mediciones (un día) y las condiciones atípicas (incendio). Sin embargo, constituye una línea base valiosa para monitoreos sistemáticos. Como señala Arbella Feliciano (2025), la escasez de casos en Cuba contrasta con la disponibilidad de información en otros países, donde existen hidroeléctricas operando en condiciones similares. La validación de los modelos matemáticos y coeficientes propuestos en otros contextos permitirían:

Robustecer las correlaciones estadísticas

Generalizar los resultados a otros entornos tropicales

Establecer estándares regionales de RSC para hidroeléctricas

Conclusiones

1. La integración de la Responsabilidad Social Corporativa en la operación y mantenimiento de pequeñas centrales hidroeléctricas es indispensable para garantizar su sostenibilidad técnica, ambiental y social. El caso de la PCHE Mayarí evidencia que condiciones ambientales adversas (gases contaminantes, alta humedad, temperaturas variables) requieren respuestas tecnológicas adaptadas a contextos locales.
2. El monitoreo sistemático de gases contaminantes y variables climáticas constituye el primer eslabón de una estrategia de RSC basada en evidencia. La detección de SO_2 (140-180 ppm) y NO (~ 600 ppm) en todos los puntos muestreados, con correlación positiva temperatura- SO_2 ($r=0.94$), justifica la implementación de sistemas automatizados de control ambiental.
3. La modelación matemática y simulación numérica son herramientas predictivas esenciales para anticipar impactos y diseñar soluciones eficientes. Los modelos desarrollados en ANSYS Fluent y HAP permitieron identificar condiciones críticas de condensación ($HR > 80\%$) y optimizar el diseño del controlador automático.
4. El desarrollo de un controlador automático para ventilación forzada, basado en ingeniería conceptual, básica y de detalle, constituye una respuesta tecnológica alineada con los principios de RSC. Los indicadores verificables (planos, software, base de datos) garantizan la trazabilidad y replicabilidad de la solución.

5. El proyecto tributa directamente a nueve ODS, con énfasis en energía asequible (ODS 7), innovación infraestructural (ODS 9), comunidades sostenibles (ODS 11) y acción climática (ODS 13). Esta contribución multidimensional posiciona a la PCHE Mayarí como referente de buenas prácticas en RSC para el sector hidroenergético cubano.
6. La propuesta de coeficientes de impacto (C_{amb} , C_{ee} , C_{disp} , C_{ODS}) ofrece un marco cuantitativo para evaluar la RSC en O&M, con potencial de validación en contextos internacionales como México, donde la disponibilidad de datos permitiría robustecer los modelos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Empresa Nacional de Fuentes de Recursos Renovables (ENFRE), al Ministerio de Energía y Minas (MINEM), al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente (CITMA) y a la Universidad de Holguín por el apoyo institucional y financiero para el desarrollo del proyecto PT223HO002-017. Se reconoce especialmente al personal de la PCHE Mayarí por su colaboración en las tareas de monitoreo y levantamiento técnico.

Referencias Bibliográficas

- ANSI/ISA-71.04-2013. Environmental Conditions for Process Measurement and Control Systems: Airborne Contaminants. USA.
- Arbella Feliciano, Y., Sierra Pérez, R. J., & Ruiz Cabeza, R. (2025). Modelación matemática del comportamiento termodinámico en la PCHE Mayarí. SIMPOSIO 8, Convención Científica Internacional 2025, Universidad de Holguín.
- Arbella-Feliciano, Y., Trinchet-Varela, C. A., Lorente-Leyva, L. L., & Peluffo-Ordóñez, D. H. (2023). Condition Monitoring of Wind Turbines: A Case Study of the Gibara II Wind Farm. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 56(2).
- CEI/IEC 654-4:1987. Operating conditions for industrial-process measurement and control equipment (part 4).
- Geocuba. (2018, 2020). Informes técnicos: Monitoreo de condiciones ambientales en PCHE Mayarí. Empresa Geocuba, Holguín.
- Feliciano, Y. A., Trinchet, C. A., & Meléndez, E. (2020). Analysis of the thermal behavior in the Goldwind S50/750 Wind Turbines installed in the Wind Farm Gibara II using CAD-CAE Tools.
- NC 872:2011. Seguridad y Salud del Trabajo. Sustancias nocivas en el aire de la zona de trabajo. Evaluación de la exposición laboral. Requisitos generales. Oficina Nacional de Normalización, Cuba.

- NC TS 803:2010. Calidad del aire - Emisiones máximas admisibles de contaminantes a la atmósfera en fuentes fijas puntuales de instalaciones generadoras de electricidad. Oficina Nacional de Normalización, Cuba.
- Pérez Rodríguez, R., Ruiz Cabeza, R., & Salazar Pérez, L. (2025). Simulación numérica del comportamiento de la humedad relativa en la PCHE Mayarí. SIMPOSIO 8, Convención Científica Internacional 2025, Universidad de Holguín.
- Salazar Pérez, L., Pérez Rodríguez, R., & Arbella Feliciano, Y. (2025). Gestión del proyecto diseño de autómatas para la PCHE Mayarí. SIMPOSIO 8, Convención Científica Internacional 2025, Universidad de Holguín.
- Saraiba-Núñez, L. I., Arbella-Feliciano, Y., Moreno-Pino, M. R., & Torres-Sainz, R. (2023). La gestión del mantenimiento acorde a la criticidad de los activos. *Ciencias Holguín*, 29(2).
- Sierra Pérez, R. J., Ruiz Cabeza, R., & Arbella Feliciano, Y. (2025). Modelación geométrica de las zonas técnicas en la PCHE Mayarí. SIMPOSIO 8, Convención Científica Internacional 2025, Universidad de Holguín.
- Universidad de Holguín. (2021). Estudios y propuestas para la mejora de condiciones operativas en PCHE Mayarí. Informe de investigación. Centro de Estudios CAD/CAM, UHo.