South American Publishing

SAP Land and Architecture. 2026; 5:279
doi: 10.62486/la2026279

REVIEW

Economic efficiency of earthmoving as a factor in territorial and productive development

Eficiencia económica del movimiento de tierras como factor del desarrollo territorial y productivo

Javier Borges Nápoles[1], Karine Lara Blanco[1], Liliana González Díaz[1]

[1]Universidad de Oriente, Licenciatura en Ingeniería Civil. Cuba.

Cite as
Borges Nápoles J, Lara Blanco K, González Díaz L. Economic efficiency of earthmoving as a factor in territorial and productive development. SAP Land and Architecture. 2026; 5:279. https://doi.org/10.62486/la2026279

Publication History
Submitted: 22-12-2025
Revised: 09-02-2026
Accepted: 13-04-2026
Published: 14-04-2026

Corresponding Author
Javier Borges Nápoles

ABSTRACT

Introduction: earthworks are a key stage in construction processes and territorial development planning. However, in the Cuban context, there are still shortcomings in the development and application of complementary technical standards associated with this activity, which hinders a comprehensive analysis of its economic effectiveness and limits strategic decision-making in production.

Development: the research aims to analyze these deficiencies from a perspective that, while falling within the field of civil engineering, incorporates a critical view of the socio-territorial and organizational impacts of technical processes. The main objective was to define indicators to evaluate the economic effectiveness of production during the earthmoving stage and apply them in the ECOING 24 company. To this end, an analysis of specialized publications and national and international regulations was carried out, which allowed for the selection of indicators belonging to the System for the Control of Machinery Operation (SISCEM), considered to be more efficient and operationally viable. The application of these indicators revealed significant limitations in management, particularly the absence of systematic records on equipment performance, which affects planning, production control, and resource optimization. Likewise, it was found that these deficiencies transcend the technical sphere, affecting work organization, job quality, sustainable land use, and economic opportunities in local environments associated with construction projects.

Conclusions: the study proposes recommendations aimed at improving machinery management and the economic evaluation of earthmoving, promoting more efficient and socially responsible production processes. In this way, it contributes to contemporary debates on the relationship between technological development, productive organization, and socio-territorial transformations.

Keywords: Machinery; Economic Effectiveness; Earthmoving; Productive Management; Territorial Development.

RESUMEN

Introducción: el movimiento de tierras constituye una etapa clave en los procesos constructivos y en la planificación del desarrollo territorial. No obstante, en el contexto cubano persisten deficiencias en la elaboración y aplicación de normas técnicas complementarias asociadas a esta actividad, lo que dificulta un análisis integral de su efectividad económica y limita la toma de decisiones estratégicas en la producción.

Desarrollo: la investigación se orienta a analizar dichas deficiencias desde una perspectiva que, si bien se inscribe en el campo de la ingeniería civil, incorpora una mirada crítica sobre los impactos socioterritoriales y organizativos de los procesos técnicos. El objetivo principal fue definir indicadores para evaluar la efectividad económica de la producción durante la etapa de movimiento de tierras y aplicarlos en la empresa ECOING 24. Para ello, se realizó un análisis de publicaciones especializadas y de normativas nacionales e internacionales, lo que permitió seleccionar indicadores pertenecientes al Sistema para el Control de la Explotación de las Maquinarias (SISCEM), considerados más eficientes y operativamente viables. La aplicación de estos indicadores evidenció limitaciones relevantes en la gestión, particularmente la ausencia de registros sistemáticos sobre el desempeño de los equipos, lo que afecta la planificación, el control productivo y la optimización de recursos. Asimismo, se constató que estas deficiencias trascienden el ámbito técnico, incidiendo en la organización del trabajo, la calidad del empleo, el uso sostenible del territorio y las oportunidades económicas en los entornos locales asociados a los proyectos constructivos.

Conclusiones: el estudio propone recomendaciones orientadas a mejorar la gestión de la maquinaria y la evaluación económica del movimiento de tierras, promoviendo procesos productivos más eficientes y socialmente responsables. De este modo, se contribuye a los debates contemporáneos sobre la relación entre desarrollo tecnológico, organización

© 2026; The Authors. This Open access article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

productiva y transformaciones socioterritoriales.

Palabras clave: Maquinaria; Efectividad Económica; Movimiento De Tierra; Gestión Productiva; Desarrollo Territorial.

INTRODUCCIÓN

El movimiento de tierra tiene como objetivo transformar los terrenos naturales para la obtención de materiales útiles en diversas áreas,[1,2,3,4,5] como las obras públicas, la minería o la industria. La maquinaria pesada (excavadoras, camiones, cilindros compactadores, buldóceres y traíllas) y la pericia de sus operarios son factores esenciales para alcanzar la efectividad en la producción. Sin embargo, según el diagnóstico realizado por Fraga[6] en la Empresa Constructora de Obras de Ingeniería ECOING 24, encargada de los trabajos de movimiento de tierra en Santiago de Cuba, se identificaron inconformidades relacionadas con altos costos de producción, bajo rendimiento de las maquinarias y una planificación deficiente en los mantenimientos. Estos problemas, más allá de los aspectos técnicos, tienen repercusiones significativas en el desarrollo territorial y social de la región, ya que limitan la capacidad de los proyectos de generar beneficios económicos y de bienestar para las comunidades cercanas.[7,8,9,10]

En Cuba, el Sistema para el Control de la Explotación de las Maquinarias (SISCEM) proporciona indicadores técnicos y económicos para evaluar la eficacia de las máquinas en términos de uso horario, productividad y eficiencia económica.[11] Sin embargo, el cálculo de los costos de las actividades de movimiento de tierra no refleja adecuadamente la situación económica actual del país, marcado por la obsolescencia del parque de equipos debido a la falta de inversiones en maquinaria nueva y repuestos.[12,13,14,15,16,17,18] Esta deficiencia técnica, combinada con la falta de información precisa sobre el rendimiento de los equipos,[19,20] impacta tanto en los resultados productivos como en el desarrollo social de las comunidades, limitando las oportunidades económicas locales.[21,22,23,24] La incertidumbre sobre el impacto de los indicadores en la efectividad económica de la producción ejecutada constituye el problema central de esta investigación. El objetivo de este estudio es realizar un diagnóstico integral del parque de equipos de movimiento de tierra de ECOING 24 y evaluar su influencia en los indicadores de efectividad económica, con el fin de proponer mejoras que optimicen los resultados productivos y contribuyan positivamente al desarrollo territorial y al bienestar de las comunidades.

DESARROLLO

Se realizó un diagnóstico integral del parque de equipos de la empresa ECOING 24, con el objetivo de identificar problemas y áreas de mejora que permitan optimizar el rendimiento, reducir los costos operativos y aumentar la productividad.

Este diagnóstico tiene una dimensión crítica no solo desde el punto de vista técnico, sino también social, ya que la eficiencia de la maquinaria influye directamente en el desarrollo económico y social de las comunidades involucradas en los proyectos. Los aspectos clave evaluados incluyen el estado de las maquinarias, la disponibilidad de piezas de repuesto, el rendimiento operativo, los costos operativos, y la seguridad y planificación a largo plazo. Estos factores son fundamentales para tomar decisiones estratégicas que maximicen la productividad y minimicen el impacto negativo en las comunidades cercanas, a través de la mejora de la gestión de recursos y el empleo local.

El diagnóstico abarcó la evaluación de las máquinas de la empresa ECOING 24, clasificadas por tipo: de empuje (tractor multipropósito), de carga y excavación (buldócer, cargador, motovolqueta de combustión, retroexcavadora y retropala), de compactación (cilindro, motoniveladora, pisón de combustión), y otros equipos (tanque de agua, camión cisterna, camiones de volteo). A través de este análisis, se pudo identificar cómo los problemas operativos no solo afectan la eficiencia productiva, sino que también tienen un impacto directo en la economía local, debido a los costos adicionales generados por la obsolescencia del parque de equipos y la falta de inversión en nuevas tecnologías.

Se realizó una evaluación detallada del parque de buldóceres en operación de la empresa ECOING 24. El objetivo fue conocer el estado de los equipos y sus condiciones de operación para identificar áreas de mejora en términos de rendimiento operativo, costos operativos y planificación a largo plazo, elementos que impactan directamente no solo la eficiencia de los proyectos, sino también el desarrollo económico y social de las comunidades donde se llevan a cabo estas obras. Las condiciones de operación, como el mantenimiento de los equipos, son fundamentales para optimizar la productividad y reducir los costos asociados, factores que a su vez contribuyen al desarrollo territorial y local. A continuación, se presentan los datos técnicos de los buldóceres sobre esteras que están operando en la ECOING 24. Estos equipos son de diferentes marcas y modelos, con características operativas y niveles de desgaste distintos. La tabla 1 muestra la información relevante sobre el valor de adquisición, la vida útil esperada según el fabricante, las condiciones de operación, el rendimiento del equipo y otros aspectos técnicos, tales como las horas trabajadas anuales y la potencia de cada máquina. Este análisis no solo permite determinar el rendimiento de cada equipo en términos de su capacidad para ejecutar las tareas, sino también para evaluar la incidencia económica de su funcionamiento, lo cual es crucial para la eficiencia de los proyectos y para mejorar la planificación productiva. En este sentido, la inadecuada condición de algunos equipos tiene un impacto negativo no solo en la productividad, sino también en el entorno social, ya que la inestabilidad operativa podría generar costos adicionales que, en última instancia, afectan la sostenibilidad económica de las comunidades involucradas.

https://doi.org/10.62486/la2026279

Tabla 1. Datos técnicos de buldócer sobre esteras en operación de la ECOING 24

Marca	KOMATSU	KOMATSU	SHANTUI	XCMG	XCMG	XCMG
Modelo	D85-A18	D-155	SD-22	TY-230	TY-230	TY-230
Valor de adquisición del equipo	166961,42	299726,8	288292,72	247592,89	247592,89	247592,89
Vida útil en años (Según fabricante)	10	10	10	10	10	10
Condiciones de operación	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
Estado del mantenimiento de cada equipo	Normal	Pobre	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
Año de entrada al país	1988	1970	2008	2012	2012	2012
Rendimiento del equipo según el fabricante	97 m3/h	115 m3/h				
Rendimiento real (Actual)						
Vida útil en años de equipo	36	54	16	12	12	12
Horas trabajadas al año por el equipo	2021(487h) 2022(28h) 2023(195h)	2021(540h) 2022(35h) 2023(210h)	2021(600h) 2022(30h) 2023(225h)	2021(525h) 2022(30h) 2023(180h)	2021(535h) 2022(27h) 2023(230h)	2021(530h) 2022(36h) 2023(218h)
Valor residual del equipo (Actual)	0	0	36337,01	88392,72	149812,54	31361,44
Tasa de seguro (Actual)	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene
Potencia del equipo	210kw	320kw	220kw	226kw	226kw	226kw
Tipo de combustible	Diésel	Diésel	Diésel	Diésel	Diésel	Diésel
Costo del combustible ($/Litro) (Actual)	13,90 CUP	13,90 CUP	13,90 CUP	13,90 CUP	13,90 CUP	13,90 CUP
Salario del operario (Actual)	Buldócer A 2960 Buldócer B 2810	Buldócer A 2960 Buldócer B 2810	Buldócer A 2960 Buldócer B 2810	Buldócer A 2960 Buldócer B 2810	Buldócer A 2960 Buldócer B 2810	Buldócer A 2960 Buldócer B 2810
Forma de pago	Por horas trabajadas	Por horas trabajadas	Por horas trabajadas	Por horas trabajadas	Por horas trabajadas	Por horas trabajadas
Aspectos importantes a considerar en la explotación de los buldóceres de la empresa ECOING 24.						
Tiempo programado para cada mantenimiento	Fregado y engrase cada 50h, Primer mantenimiento 250h, Mantenimiento por diagnostico 500h, Primera reparación 5400h, Segunda reparación 4000 h					
Acciones contempladas en el mantenimiento	Fregado completo del equipo, reapriete general, revisión del equipo si se detecta algo se pasa al taller y se corrige, planta de engrase según la guía de lubricación					
Piezas principales que se dañan, Promedio de tiempo en que es necesario cambiar estas piezas (Costo de las piezas en CUP	1- Mangueras hidráulicas - 250 h (409,26 CUP), 2- Sellos de los gatos hidráulicos - 450 h (3932,4 CUP); 3- Rodillos del tren de rodaje - 350 h (2550 CUP); 4- Sellos del convertidor - 300 h (2393,75 CUP).					
Forma de adquisición de las piezas ¿Se sustituyen por originales?	A través de la comercializadora de la empresa. En caso de no haber original se le lleva a una empresa que se dedique a eso					
Datos técnicos de buldócer sobre esteras con desperfectos técnicos del parque de equipos de la ECOING 24 (I)						

https://doi.org/10.62486/la2026279

Marca/ Modelo	KOMATSU/ B85-A21	KOMATSU/ D85	KOMATSU/ D85-A12	KOMATSU/ D85-A18	KOMATSU/D-155	KOMATSU/D85	SHANTUI/SD-22	SHANTUI/SD-22
Valor de adquisición/ Vida útil	(20191,87) /10	120859,99/10	109836,59/10	28190,35/10	2828,98/10	74698,78/10	215762,35/10	17440,82/10
Condiciones de operación	Pobre (Propuesto a baja)	Pobre (Propuesto a baja)	Pobre (Propuesto a baja)	Pobre	Pobre (Problema en el convertidor)	Pobre (Reparación problema en el motor y sistema hidráulico)	Pobre (Reparación problema en el sistema hidráulico)	Pobre (Por reparación de la estera)
Estado del mantenimiento de cada equipo	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre 1(por la bomba de marcha, motor de arranque y alternador)	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre
Año de entrada al país	1989	1981	1975	1984	1970	1981	2008	2008
Seguro	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene
Potencia	210kw	210kw	180kw	210kw	210kw	210kw	220kw	220kw
Combustible	Diésel	Diésel	Diésel	Diésel	Diésel	Diésel	Diésel	Diésel

Tabla 2. Disponibilidad técnica de los equipos de movimiento de tierra de la ECOING 24

Equipos	Total	En explotación	En reparación	Propuesto a baja
Buldócer	21	6 (28,57 %)	11 (52,38 %)	4 (19,05 %)
Cilindro	10	2 (20 %)	7 (70 %)	1 (10 %)
Motoniveladora	9	3 (33,3 %)	3 (33,3 %)	3 (33,3 %)
Cargador	13	6 (46,15 %)	7 (53,85 %)	-
Tractor multipropósito	6	1 (16,67 %)	2 (33,33 %)	3 (50 %)
Tanque de agua s/camión	6	6 (100 %)	-	-
Camión cisterna	4	1 (25 %)	3 (75 %)	-
Retroexcavadora	12	4 (33,33 %)	6 (50 %)	2(16,67 %)
Retropala	3		1 (33,33 %)	2(66,67 %)
Camiones de volteo	88	17(19,31 %)	66 (75 %)	5(5,68 %)
Motovolqueta de combustión	7	1 (14,29 %)	-	6 (85,72 %)
Pisón de combustión	5	1 (20 %)	4 (80 %)	-

https://doi.org/10.62486/la2026279

La disponibilidad técnica de los equipos es un factor crucial para garantizar la efectividad económica de las operaciones de movimiento de tierra. En este caso, se evaluaron los equipos de la empresa ECOING 24, identificando su estado de funcionamiento (en explotación, en reparación y propuestos a baja) para determinar el impacto que esto tiene en la productividad y sostenibilidad de las obras. Este análisis es esencial, ya que la disponibilidad de maquinaria influye directamente no solo en la eficiencia operativa, sino también en la viabilidad económica de los proyectos y en el desarrollo territorial de las áreas donde se ejecutan las obras. A continuación, se presenta la Tabla 2, que refleja la situación de los diferentes equipos en términos de su disponibilidad técnica. Los equipos están clasificados en función de su estado: en explotación, en reparación o propuestos a baja. Este diagnóstico muestra que la mayoría de los equipos de la empresa se encuentran en condiciones de reparación, lo que reduce significativamente su capacidad operativa y, por lo tanto, la eficacia económica de las operaciones.

El diagnóstico realizado sobre el parque de maquinaria de la empresa ECOING 24 revela que, de un total de 184 equipos, solo 48 (26,09 %) se encuentran en explotación. Un 60 % (110 equipos) permanece paralizado debido a la falta de piezas de repuesto necesarias para su reparación, mientras que 26 equipos han sido propuestos a baja debido al elevado presupuesto requerido para su rehabilitación. Esta situación refleja un claro deterioro en la capacidad operativa de la empresa, afectando tanto a la productividad como a los costos operativos, lo cual tiene repercusiones directas en la eficacia económica de la producción ejecutada. Estas afectaciones son consecuencia de las difíciles condiciones económicas del país, acentuadas por el recrudecimiento del bloqueo económico, lo que limita gravemente la adquisición de equipamientos nuevos, piezas de repuesto, grasas y lubricantes y combustible, esencial para el funcionamiento de estas maquinarias. La alta demanda de combustible de estas máquinas, sumada a los desperfectos técnicos, incrementa aún más el consumo de recursos, lo que, a su vez, eleva los costos operativos y afecta negativamente la rentabilidad de las operaciones. Esta situación incide directamente en la caída de la producción ejecutada en el área de movimiento de tierra, lo que conlleva a la afectación de los salarios del personal involucrado en estas labores. En este contexto, mejorar la gestión de la maquinaria y optimizar el uso de los recursos disponibles se convierte en una prioridad para garantizar la efectividad económica y, al mismo tiempo, contribuir al desarrollo territorial y la mejora del bienestar social en las comunidades afectadas por los proyectos. En este marco, se ha implementado la cuarta versión del Sistema de Control de la Explotación de las Maquinarias (SISCEM), el cual ha sido perfeccionado con la incorporación de 20 Indicadores Técnico-Económicos (ITE). Estos indicadores se dividen en 8 absolutos y 12 relativos, lo que permite una evaluación más precisa de la eficacia económica de las operaciones y facilita la toma de decisiones para mejorar la gestión de los recursos, optimizando la productividad y reduciendo los costos operativos.

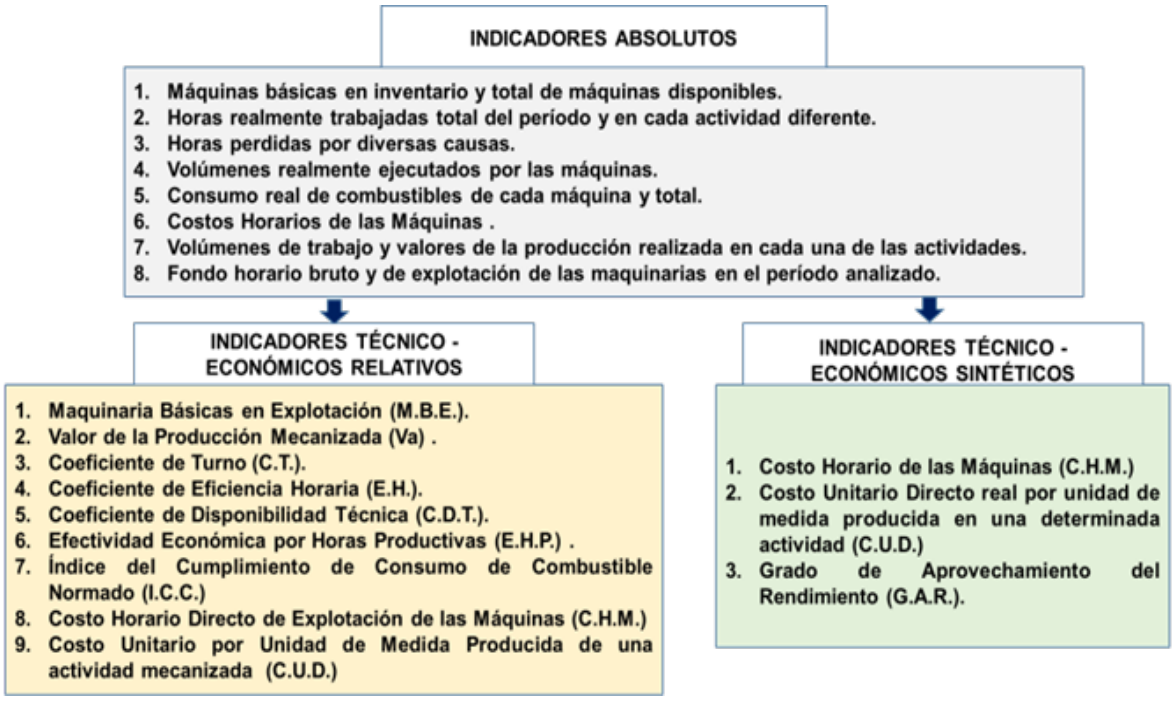

Figura 1. Indicadores para evaluar el control de la explotación de las máquinas

Análisis cualitativo de los indicadores técnicos y económicos

El análisis cualitativo de los indicadores se ha realizado a partir de la disponibilidad real de la información proporcionada por los departamentos Técnico, Económico y de Recursos Humanos de la empresa ECOING 24, permitiendo identificar áreas críticas que afectan la eficiencia y efectividad económica del parque de maquinaria.

Indicadores Absolutos

1. Máquinas básicas en inventario y total de máquinas disponibles: La empresa dispone de 184 maquinarias de movimiento de tierras, de las cuales solo 48 (26,09 %) se encuentran en explotación, evidenciando una baja disponibilidad

operativa.

2. Horas realmente trabajadas total del período y en cada actividad realizada: No se cuenta con los registros necesarios de las horas trabajadas por cada equipo ni el tipo de actividades ejecutadas, lo cual impide una evaluación precisa de la productividad.

3. Horas perdidas por diversas causas: No existe un registro detallado de las horas perdidas ni de sus causas. Las causas más comunes identificadas incluyen: rotura de maquinaria, reparaciones imprevistas, falta de serviciaje de combustible, y limitaciones en la disponibilidad de talleres para reparaciones. En menor medida, las condiciones climáticas adversas y los mantenimientos también contribuyen a la inactividad.

4. Volúmenes realmente ejecutados por las máquinas: La empresa no lleva un registro detallado de los volúmenes realmente ejecutados, atribuyéndolo a la falta de personal calificado y de sistemas informáticos adecuados para realizar el seguimiento de las tareas.

5. Consumo real de combustibles de cada máquina y total: El consumo de combustible no se controla ni se registra adecuadamente, lo que dificulta el análisis de la eficiencia energética y de la sostenibilidad de las operaciones.

6. Costos Horarios de las Máquinas (C.H.M.): Se emplean los costos horarios establecidos por el Centro de Desarrollo de Normas y Costos de la Construcción, según la Resolución 38/2021 del MICONS, pero no se consideran las alteraciones derivadas del estado técnico de las máquinas, la obsolescencia, la falta de mantenimiento ni el rendimiento real.[25]

7. Volúmenes de trabajo y valores de la producción realizada en cada una de las actividades: El valor de la producción se recoge a partir de las certificaciones de trabajo, lo que permite evaluar la eficiencia operativa y la rentabilidad, pero carece de un análisis detallado y comparativo.

8. Fondo horario bruto y de explotación de las maquinarias en el período analizado: La ineficiencia en el uso de las máquinas se refleja en los indicadores relativos y sintéticos, lo que demuestra una baja efectividad económica de las operaciones.

Indicadores Técnico-Económicos Relativos

1. Maquinaria Básica en Explotación (M.B.E.): M.B.E = (48 ÷ 184) x 100 = 26 % Este valor está por debajo del 70 %, lo que indica un bajo rendimiento y una gestión inadecuada de la maquinaria, mostrando una ineficiencia operativa.

2. Valor de la Producción Mecanizada (Va): No se pudo acceder a los valores totales de la producción de las máquinas, pero se sabe que no se cumplió el plan de producción en los años 2021-2023, lo que refleja una baja productividad.

3. Coeficiente de Turno (C.T.): C.T. = (F.H.E./F.H.B.). El fondo horario bruto (FHB) se establece en 2264 horas anuales, pero el buldócer más operativo trabajó solo 600 horas al año, muy por debajo del valor del fondo horario bruto. Esta baja utilización de las máquinas refleja una ineficiencia significativa.

4. Coeficiente de Eficiencia o Utilización Horaria: La falta de datos sobre el tiempo planificado para cada máquina impide calcular este indicador, pero las pocas horas trabajadas indican ineficiencia en su uso.

5. Coeficiente de Disponibilidad Técnica (C.D.T.): Debido a la falta de registros detallados de las reparaciones generales y la duración de los mantenimientos, no fue posible calcular este indicador. Sin embargo, la alta cantidad de equipos paralizados y la frecuencia de reparaciones indican que este indicador es deficiente.

6. Efectividad Económica por Horas Productivas (E.H.P.): Este indicador no pudo calcularse debido a la falta de datos sobre el tiempo real de trabajo de los equipos. No obstante, se concluye que la efectividad económica es baja, ya que la baja eficiencia en el uso de las máquinas se refleja en las insatisfacciones laborales y costos elevados.

7. Índice del Cumplimiento de Consumo de Combustible Normado (I.C.C.): I.C.C. (%) = (C.R.C./ C.C.P.) x 100 No se pudo calcular debido a la falta de registros sobre el consumo real de combustible, lo que limita la evaluación de la eficiencia energética.

Indicadores Técnicos Económicos Sintéticos

1. Costos Horarios de las Máquinas (C.H.M.): La falta de actualización de los costos horarios de las máquinas y la carencia de información precisa sobre el rendimiento real de los equipos imposibilita el cálculo de este indicador.

2. Costo Unitario Directo real por unidad de medida producida en una actividad (C.U.D.): La falta de información detallada sobre los rendimientos y costos operativos no permitió calcular este indicador, pero se concluye que los costos reales por unidad de medida son elevados.

3. Grado de Aprovechamiento del Rendimiento (G.A.R.): No fue posible calcular este indicador debido a la ausencia de registros sobre los rendimientos reales de las máquinas. Sin embargo, se evidencia una baja eficiencia en el aprovechamiento del rendimiento debido a los desperfectos técnicos y la mala gestión.

Recomendaciones para mejorar la efectividad económica de ECOING 24

1. Planificar adecuadamente los trabajos y tiempos de mantenimiento: Es crucial que la empresa planifique correctamente los trabajos, evitando retrasos derivados de la falta de preparación, inspección o mantenimiento de los equipos. De esta forma, se minimizará el impacto de la inactividad de las máquinas, mejorando la eficiencia y producción.

2. Seleccionar el equipo adecuado para cada tarea: Con base en la disponibilidad de equipos, es necesario que la empresa haga un análisis más preciso de la maquinaria que se va a utilizar en función de su productividad y estado técnico. Esto garantizará que los trabajos se realicen de manera eficiente y con los equipos de mayor rendimiento.

3. Establecer registros detallados del funcionamiento de los equipos: Crear un sistema de monitoreo continuo para registrar las horas trabajadas, el consumo de combustible, las piezas reemplazadas y los costos asociados. Esta base de datos será esencial para tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia operativa de los equipos.
4. Controlar el tiempo de inactividad de los equipos: Realizar un seguimiento exhaustivo de las horas no productivas permitirá identificar las principales causas de inactividad, como las averías o la falta de piezas de repuesto, y tomar acciones correctivas. La reducción del tiempo de inactividad tendrá un impacto directo en la rentabilidad de la empresa.
5. Identificar y analizar las causas del tiempo de inactividad: Es necesario realizar un diagnóstico detallado sobre las principales causas de las paradas de los equipos, ya sea por fallos técnicos, escasez de piezas o problemas operativos. Esto permitirá la implementación de soluciones preventivas y correctivas.
6. Prevenir fallos recurrentes en las piezas de los equipos: Para reducir las averías, es fundamental realizar un análisis profundo de las piezas que más frecuentemente fallan y planificar su reemplazo con anticipación, evitando tiempos de inactividad inesperados.
7. Sustituir las piezas con repuestos originales: Garantizar que las piezas sustituidas sean originales para asegurar un rendimiento óptimo y alargar la vida útil de los equipos. Esto, a pesar de la escasez de repuestos, ayudará a minimizar fallos operativos y a mejorar la fiabilidad de los equipos.
8. Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo: Establecer un plan de mantenimiento preventivo detallado y programado para cada equipo, lo que permitirá evitar la sobrecarga de trabajo y los daños por mal funcionamiento, maximizando la vida útil de las máquinas.
9. Capacitar y contratar operadores experimentados: Invertir en la capacitación de los operarios, asegurando que comprendan la importancia del uso adecuado de los equipos y el alto costo horario de funcionamiento de cada máquina. Los operarios con experiencia son fundamentales para mejorar la eficiencia y evitar daños innecesarios a los equipos.

CONCLUSIONES

El sistema SISCEM, al incorporar 20 indicadores técnicos-económicos, facilita la evaluación tanto técnica como económica del comportamiento de la explotación del parque de equipos y permite medir la efectividad de la unidad empresarial básica (UEB).

Se llevó a cabo un diagnóstico al parque de equipos de la empresa ECOING 24, en el que se revisaron los datos técnicos y de producción de 184 máquinas de diversos tipos: de empuje, de carguío y excavación, de nivelación y compactación, entre otros. Los resultados evidencian una baja efectividad económica en la producción ejecutada, principalmente debido a problemas en la gestión de la empresa, tales como: Inadecuada planificación y control de las operaciones. Ausencia de registros detallados sobre el desempeño real de los equipos, como las horas trabajadas, el rendimiento, el consumo de combustible, los costos de operación y los volúmenes ejecutados por cada máquina.

La falta de estos datos impide calcular los indicadores necesarios para evaluar la efectividad económica de la producción ejecutada.

Esta situación requiere una revisión profunda de los procesos administrativos, operativos y de mantenimiento, con el fin de mejorar el control y la planificación, optimizar los recursos y aumentar la productividad de los equipos.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Curación de datos: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Análisis formal: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Investigación: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Metodología: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Administración del proyecto: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Recursos: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Software: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Supervisión: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Validación: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Visualización: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Redacción – borrador original: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.
Redacción – revisión y edición: Javier Borges Nápoles, Karine Lara Blanco, Liliana González Díaz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. González JA. Análisis de la explotación de las maquinarias de movimiento de tierra de la ECM No. 3, del MINFAR en Villa

Clara. 2013.

2. Wu L, Sun Z, Cao Y. Modification of recycled aggregate and conservation and application of recycled aggregate concrete: a review. Constr Build Mater. 2024;431:136567. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136567

3. Camanho AS, Silva MC, Piran FS, Lacerda DP. A literature review of economic efficiency assessments using data envelopment analysis. Eur J Oper Res. 2024;315:1-18. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.07.027

4. Fouda-Mbanga BG, Onotu OP, Tywabi Z. Advantages of the reuse of spent adsorbents and potential applications in environmental remediation: a review. Green Anal Chem. 2024;11:100156. https://doi.org/10.1016/j.greeac.2024.100156

5. Zhou Y, Zhai Q, Xu Z, Wu L, Guan X. Multi-stage adaptive stochastic-robust scheduling method with affine decision policies for hydrogen-based multi-energy microgrid. IEEE Trans Smart Grid. 2024;15:2738-2750. https://doi.org/10.1109/TSG.2023.3340727

6. Fraga M. Indicadores para la conformación de normas técnicas complementarias para el movimiento de tierra [tesis]. Santiago de Cuba: Facultad de Construcciones, Universidad de Oriente; 2023.

7. Ministerio de Finanzas y Precios (MFP). Resolución 104/2021. Sistema de precios de construcción y montaje para inversiones, reparaciones capitales y mantenimiento constructivo. Gaceta Ordinaria de la República de Cuba. 2021;GOC-2021-411-EX37.

8. Zong Z, Guan Y. AI-driven intelligent data analytics and predictive analysis in industry 4.0: transforming knowledge, innovation, and efficiency. J Knowl Econ. 2024. https://doi.org/10.1007/s13132-024-02001-z

9. Liang Z, Chung CY, Zhang W, Wang Q, Lin W, Wang C. Enabling high-efficiency economic dispatch of hybrid AC/DC networked microgrids: steady-state convex bi-directional converter models. IEEE Trans Smart Grid. 2025;16:45-61. https://doi.org/10.1109/TSG.2024.3454050

10. Roy S, Bose A, Basak D, Roy Chowdhury IR. Towards sustainable society: the sustainable livelihood security (SLS) approach for prioritizing development and understanding sustainability: an insight from West Bengal, India. Environ Dev Sustain. 2024;26:20095-20126. https://doi.org/10.1007/s10668-023-03456-x

11. Orta PA. Experiencias en la aplicación del SISCEM en empresas del territorio central de Cuba. Santa Clara: Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Construcciones, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas; 2013.

12. Wang Q, Sun T, Li R. Does artificial intelligence (AI) enhance green economy efficiency? The role of green finance, trade openness, and R&D investment. Humanit Soc Sci Commun. 2025;12. https://doi.org/10.1057/s41599-024-04319-0

13. Puri A, Mohite P, Maitra S, Subramaniyan V, Kumarasamy V, Uti DE, et al. From nature to nanotechnology: the interplay of traditional medicine, green chemistry, and biogenic metallic phytonanoparticles in modern healthcare innovation and sustainability. Biomed Pharmacother. 2024;170:116083. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.116083

14. Cao R, Xiao D, Wang M, Gao Y, Ma D. Solar-driven photocatalysis for recycling and upcycling plastics. Appl Catal B Environ. 2024;341:123357. https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2023.123357

15. Vafaeinejad A, Alimohammadi N, Sharifi A, Safari MM. Super-resolution AI-based approach for extracting agricultural cadastral maps: form and content validation. IEEE J Sel Top Appl Earth Obs Remote Sens. 2025;18:5204-5216. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2025.3530714

16. Wang RF, Su WH. The application of deep learning in the whole potato production chain: a comprehensive review. Agriculture (Switzerland). 2024;14. https://doi.org/10.3390/agriculture14081225

17. Chen W, Yao L. The impact of digital economy on carbon total factor productivity: a spatial analysis of major urban agglomerations in China. J Environ Manage. 2024;351:119765. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119765

18. Shan M, Dang C, Meng K, Cao Y, Zhu X, Zhang J, et al. Recycling of LiFePO4 cathode materials: from laboratory scale to industrial production. Mater Today. 2024;73:130-150. https://doi.org/10.1016/j.mattod.2023.12.012

19. Wang K, Wang C, Yao W, Zhang Z, Liu C, Dong X, et al. Embedding P2P transaction into demand response exchange: a cooperative demand response management framework for IES. Appl Energy. 2024;367:123319. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123319

20. Alsabt R, Alkhaldi W, Adenle YA, Alshuwaikhat HM. Optimizing waste management strategies through artificial intelligence and machine learning: an economic and environmental impact study. Clean Waste Syst. 2024;8:100158. https://doi.org/10.1016/j.clwas.2024.100158

21. Chen Y, Chen S, Miao J. Does smart city pilot improve urban green economic efficiency: accelerator or inhibitor. Environ Impact Assess Rev. 2024;104:107328. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107328

22. Clark RA, Shaver MP. Depolymerization within a circular plastics system. Chem Rev. 2024;124:2617-2650. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.3c00739

23. Li T, Wang B, Cao Y, Liu Z, Wang S, Zhang Q, et al. Energy-saving hydrogen production by seawater electrolysis coupling tip-enhanced electric field promoted electrocatalytic sulfion oxidation. Nat Commun. 2024;15. https://doi.org/10.1038/s41467-024-49931-5

24. Wang Q, Ge Y, Li R. Does improving economic efficiency reduce ecological footprint? The role of financial development, renewable energy, and industrialization. Energy Environ. 2025;36:729-755. https://doi.org/10.1177/0958305X231183914

25. Ministerio de la Construcción (MICONS). Resolución 38/2021 sobre el cálculo de los servicios de construcción y montaje. Gaceta Ordinaria de la República de Cuba. 2023;GOC-2021-473-O52.