

ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN DERIVADA DE LOS ESTADOS OPERATIVOS EN LOS BLOQUES ENERGÉTICOS

ENTROPY OF THE INFORMATION DERIVED FROM THE OPERATIONAL STATUS IN THE ENERGETIC BLOKES

Vicente Ferrer Castellanos^I  <https://orcid.org/0009-0007-0574-6038>

Gabriel Montesino Figueroa^{II*}  <https://orcid.org/0009-0003-6487-1198>

Jesús Salomón Llanes^{III}  <https://orcid.org/0000-0003-0273-0990>

^I Ministerio de Economía y Planificación, La Habana, Cuba

✉ vicente@mep.cu; caste67@yandex.com

^{II} Escuela Superior de Cuadros del Estado y del Gobierno (ESCEG), La Habana, Cuba

✉ gabriel@esceg.cu

^{III} Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTeC), La Habana, Cuba

✉ jsalomon@instec.cu

*Autor para dirigir correspondencia: gabriel@esceg.cu

Clasificación JEL: D81, O13, Q43

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10464178>

Recibido: 29/05/2023

Aceptado: 10/12/2023

Resumen

El artículo propone un método para reducir el volumen de datos a manejar durante la explotación de los bloques energéticos, aplicando nuevos algoritmos de cálculos más eficientes, los cuales mediante la generación de patrones y la definición de los estados y modos de operación reducen la cantidad de información, haciendo válido el concepto de Entropía de la Información, esta última aplicada y

ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN DERIVADA DE LOS ESTADOS OPERATIVOS EN LOS BLOQUES ENERGÉTICOS

desarrollada en la configuración de los Monitores de Riesgos de Nueva Generación, cuyas propiedades son distintivas ante otras herramientas, utilizadas para el análisis del estado de capacidad de trabajo en tiempo real.

Palabras clave: entropía de la información, patrones, estados operativos

Abstract

The article proposes a method to reduce the volume of data to be handled during the exploitation of the energetic information, applying new and more efficient calculating algorithms, which through generating patterns and the definition of the states and modes of operation, might reduce the amount of operation, making valid the concept of Information Entropy; being the latest applied in shaping Monitors Risk New Generation, which properties are distinctive to other tools used to analyze the working capacity in real time.

Keywords: entropy of the information, patterns, operational states

Introducción

En Cuba, para el cumplimiento de la agenda de desarrollo económico hasta el 2030,¹ la generación y el uso efectivo de la energía eléctrica es vital,² es por ello que las operaciones adecuadas y el mantenimiento efectivo de los equipos existentes en las centrales termoeléctricas, juegan un rol fundamental. Para mantener el estado de capacidad de trabajo de estas tecnologías, uno de los componentes más importantes, lo constituye la medición confiable de los principales parámetros que determinan el estado técnico de la instalación.

La necesidad de explotar eficaz y eficientemente la maquinaria instalada elevando a niveles superiores la operación y el mantenimiento, caracteriza la realidad de la industria actual.^{3,4,5} Es por ello que las grandes soluciones que presuponen novedosos diseños e innovaciones, deben estar respaldadas por una alta disponibilidad, basada en una correcta operación y un mantenimiento efectivo y oportuno.

Para lograr esto, es importante entender las particularidades y complejidades que rigen los procesos productivos, donde la disponibilidad, cantidad y calidad de la información, es de suma importancia para el control y funcionamiento estable de los diferentes estados y modos operativos de los complejos sistemas tecnológicos que hoy conforman la industria.

En el caso particular de los bloques energéticos, durante los procesos de arranque, ajuste, puesta en marcha y explotación, transitan por diversos estados y modos operativos en los cuales se pueden manifestar situaciones inesperadas en los que hay que garantizar un nivel de seguridad en su explotación.^{6,7,8}

Cabe señalar que los niveles de seguridad en explotación se ven afectados por la diversidad de modos y estados de operación del bloque, la complejidad del comportamiento de las variables que lo caracterizan, la acción de las protecciones tecnológicas que interrumpen el proceso de producción y que provocan la existencia de un gran volumen instantáneo de información, que el operador debe saber identificar, seleccionar y actuar para su solución con un mínimo de tiempo, asumiendo niveles de prioridad para la

ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN DERIVADA DE LOS ESTADOS OPERATIVOS EN LOS BLOQUES ENERGÉTICOS

seguridad; condiciones estas, que complican sustancialmente la calidad de la operación de un bloque tecnológico.

Dentro de este orden debemos recordar que el hombre es el eslabón más impredecible y a la vez el más vulnerable dentro de una cadena de control, sobre el cual influyen diversos factores físicos, psicológicos, ambientales y sociales,^{9,10} de ahí que constituye un elemento facilitador en el aumento de la probabilidad de fallo en la operación de los bloques energéticos.

Ante estas condiciones, se han desarrollado herramientas metodológicas y de cómputo avanzado, basadas en nuevos modelos de cálculo que permiten el diagnóstico en tiempo real del posible fallo de los equipos, elevando la confiabilidad de los sistemas en operación y asegurando el trabajo del hombre como eje central de la explotación.

El presente artículo utiliza la Entropía de la Información, para disminuir los niveles de incertidumbre durante la selección y optimización de los datos a emplear en el monitoreo de diferentes configuraciones de equipos durante la operación de los bloques energéticos en centrales termoeléctricas.

Materiales y Métodos

En relación al trabajo se utilizan los métodos de investigación teóricos; en aras de localizar los documentos bibliográficos se emplearon varias fuentes documentales. La búsqueda fue realizada en las bases de datos disponibles, mediante el empleo de diferentes descriptores tales como entropía, gestión de información, análisis crítico, disponibilidad en bloques energéticos, tanto en Idioma Español como en Inglés. También, se realizó la búsqueda en internet mediante palabras claves en los idiomas referidos y con ayuda del google académico.

Los documentos se seleccionaron teniendo en cuenta aspectos trascendentes referidos a la gestión de información utilizada para el diagnóstico a tiempo real, durante el funcionamiento de los bloques energéticos, en asociación con el concepto de entropía.

Resultados y discusión

Estados y modos de operación de sistemas tecnológicos complejos

Al valorar la confiabilidad de un sistema tecnológico, es necesario tener en cuenta el régimen de trabajo bajo el cual se evalúa, lo cual determina los parámetros que lo caracteriza y la información necesaria.^{11,12,13} En el caso particular de los bloques energéticos, es preciso tener en cuenta los diferentes estados operativos en los cuales el proceso de producción se encuentra de forma ‘estable’ en cualquier valor de carga de la producción final, donde el operador mantiene de forma controlada y consiente la atención sobre un conjunto de parámetros que identifican dicho estado.⁶

Cabe considerar, que la permanencia en estos estados puede realizarse de forma repetitiva, por las condiciones de necesidad de la producción, por necesidades propias de la industria ante una limitación determinada, por condiciones de eficiencias previamente convenidas o de forma casual ante situaciones de averías en determinado esquema tecnológico.

ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN DERIVADA DE LOS ESTADOS OPERATIVOS EN LOS BLOQUES ENERGÉTICOS

Debe señalarse, que en los estados operativos la información está configurada dentro de ciertos límites que caracterizan un nivel de seguridad, si cualquier variable de esta clase llegara a sus valores límites, provocaría una señal preventiva que nos indica un cambio en el nivel de seguridad. Es por ello, que mientras dure el estado operativo en cuestión, el volumen de información generada es elevado, resaltando que gran cantidad de ella no es necesaria ni imprescindible para el operador.

Cabe considerar, por otra parte, que el conocimiento de los diferentes estados operativos, los múltiples patrones que lo definen, la diversidad de condiciones técnicas durante la explotación, el tiempo límite para la ejecución óptima de los trabajos que permiten retornar el sistema a un estado estable de trabajo, son elementos determinantes para la optimización de la información, que permitiría realizar una evaluación del riesgo de fallo del sistema ante una situación anormal dentro del patrón del estado operativo.

Debe señalarse que los diferentes estados operativos posibilitan la no expansión isotrópica de la información que se genera durante el proceso de cambio de los regímenes de explotación, estos tienen un carácter discreto, lo que posibilita la creación de la interface hombre-máquina y el procesamiento rápido de la información necesaria para el proceso de toma de decisión en la explotación de la industria. Por ejemplo, en el proceso de explotación de cualquier industria participan un conjunto de esquemas y equipos tecnológicos que pasan por varios estados de operación, característicos para cada uno de ellos. Para cada uno de los equipos tecnológicos existen seis estados de operación, descritos en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Estados de operación en un bloque energético

No	Estado	Descripción
1	Operación	Se considera para los equipos estáticos y dinámicos que estén en funcionamiento dentro del esquema tecnológico y que cumplan completamente las expectativas de su operación con todos los parámetros normales de trabajo bajo las condiciones establecidas.
2	Fuera de servicio	Se considera para los equipos estáticos y dinámicos que no estén en funcionamiento ni haya necesidad de su entrada inmediata dado que a un nivel jerárquico inmediato superior el esquema tecnológico al cual se encuentran interconectados tampoco está en funcionamiento.
3	Reserva automática	Se considera para aquellos equipos estáticos y dinámicos que no están en funcionamiento pero que poseen elementos autómatas que dirigen su entrada y salida de funcionamiento y que están listos para cumplir completamente las expectativas de su operación con todos los parámetros normales de trabajo bajo las condiciones establecidas.
4	Reserva manual	Se considera para los equipos estáticos que están fuera de servicio, es decir incomunicados del esquema tecnológico al cual pertenecen y que necesitan de la manipulación del hombre sobre el órgano que limita su participación dentro de dicho proceso.
5	Mantenimiento o en Vía Libre	Se considera para todos los equipos estáticos y dinámicos que se encuentran en mantenimiento. Para ello es necesario crear una serie de condiciones de seguridad tanto desde el punto de vista de la alimentación eléctrica como de su aislamiento del flujo

ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN DERIVADA DE LOS ESTADOS OPERATIVOS EN LOS BLOQUES ENERGÉTICOS

		tecnológico a los cuales se encuentra relacionado el equipo, para ejecutar el mantenimiento sin probabilidad de un accidente
6	Estado de fallo o Indisponible	Se considera para los equipos estáticos y dinámicos que no están en funcionamiento dentro del esquema tecnológico dado por el incumplimiento total de las expectativas de su operación con todos los parámetros normales de trabajo bajo las condiciones establecidas

Fuente: elaboración propia

Los estados mostrados para el equipamiento, se encuentran asociados a esquemas tecnológicos para los cuales también se pueden definir sus estados de operación. Con la ayuda de este método de selección y optimización de la información se puede aplicar el concepto denominado Entropía de la Información.^{14,15,16}

Cuantificación de la información

Partiendo de que la información es aquello que reduce la incertidumbre cuanto menos probable es un suceso,¹⁴ será necesaria mayor información para conocer este suceso de antemano. Según lo planteado por Shannon, la información que se desea conocer de un suceso es:

$$I(x) = \log_b (1/P_x) \quad (1)$$

Dónde: P_x es la probabilidad del suceso x y b define la unidad en la que se medirá la información. Pero además la información está relacionada con patrones de comportamiento determinados por los estados en los que se desenvuelva el sistema en análisis, para el sector industrial, estos estados están bien definidos y estrechamente relacionados con la tecnología aplicada.^{17,18,19,20}

Sin embargo, hay que tener muy en cuenta que, en términos científicos, el desorden viene dado por el número de estados en los que un sistema puede estar. Un sistema estará más ordenado que otro cuando el número de estados diferentes en los que se puede encontrar el primero es mayor que los del segundo, por lo que se hace necesario introducir un nuevo método de simplificación y optimización de la información a partir de la definición de los estados operativos y sus niveles de aplicación.

La medida de la entropía puede aplicarse a información de cualquier naturaleza y permite codificar adecuadamente, indicando los elementos de código necesarios para transmitirla, eliminando toda redundancia.

La entropía indica el límite teórico para la compresión de datos. Su cálculo se realiza mediante la fórmula siguiente:

$$H = p_1 * \log_2(1/p_1) + p_2 * \log_2(1/p_2) + p_m * \log_2(1/p_m) \quad (2)$$

Donde: H es la entropía, las p son las probabilidades de que aparezcan los diferentes códigos y m el número total de códigos. Retomando la expresión anterior, si refiere a un sistema, las p representan las probabilidades de que se encuentre en un determinado estado y m el número total de posibles estados.

ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN DERIVADA DE LOS ESTADOS OPERATIVOS EN LOS BLOQUES ENERGÉTICOS

Debe señalarse, que en la medida que se establecen barreras o límites en la cantidad de información la entropía disminuye, lo que constituye sin lugar a dudas una revolución en la concepción de los sistemas de gestión de la información para la explotación de las instalaciones industriales.²¹

Por su parte, un principio importante que debe cumplirse en las relaciones informativas establece que el componente humano del sistema debe recibir la información de forma continua, en una cantidad necesaria y suficiente y más exacta que precisa.¹⁰ Ello significa que la información incompleta, dificulta el control, y la información excesiva, confunde y desinforma, no se puede subordinar la precisión a la exactitud, porque una información errónea puede ser precisa, pero no es exacta.

De hecho, los estados operativos de los equipos y esquemas tecnológicos por su naturaleza en sí, son finitos y discretos y los patrones que lo caracterizan también, siendo esta una propiedad que permite ante todo minimizar los grandes volúmenes de información que se guardan, sin que ello signifique la pérdida de información valiosa para la seguridad de la explotación. De esta manera, nos brinda la posibilidad de evaluar la importancia, confiabilidad y el comportamiento instantáneo y futuro, mediante cálculos probabilistas para cada uno de los componentes que integran las configuraciones de los patrones en cada uno de los estados operativos.

Un concepto fundamental en la teoría de la información es que la cantidad de información contenida en un mensaje es un valor matemático bien definido y medible que puede ser entendida como el número de símbolos posibles que representan el mensaje. El término cantidad no se refiere a la cuantía de datos, sino a la probabilidad de que un mensaje, dentro de un conjunto de mensajes posibles, sea recibido. En lo que se refiere a la cantidad de información, el valor más alto se le asigna al mensaje que menos probabilidades tiene de ser recibido. Si se sabe con certeza que un mensaje va a ser recibido, su cantidad de información es 0.

En la teoría de la información la entropía de un mensaje es igual a su cantidad de información media. Si en un conjunto de mensajes, sus probabilidades son iguales, la fórmula para calcular la entropía total sería: $H = \log_2 N$, donde N es el número de mensajes posibles en el conjunto.

Codificación

Para llevar la historia de la explotación de una industria y basado en lo mostrado hasta aquí, queda evidenciado de que no es necesario tener grandes bases de datos para almacenar toda la información del comportamiento de los equipos, esquemas y variables tecnológicas durante grandes períodos de tiempo, haciendo que las mismas ocupen grandes volúmenes de memoria en los sistemas de cómputo, basta con agregar un único elemento diferente y único para cada registro de información: el tiempo.

Es decir que al patrón logrado como resultado de la aplicación de la clasificación de los estados operativos, se le agregaría los bits necesarios para el registro de la fecha y la hora de ocurrencia del cambio de estado de dicho componente, por lo que la manipulación de la información sería de grandes volúmenes en períodos de tiempo casi imperceptibles para el ser humano.²²

Para el caso de un bloque energético se podría manipular la información de más de 500 componentes, actualmente monitoreados en sus seis estados operativos individuales posibles, durante todo el tiempo de su vida útil y toda la información ocupa una dimensión informática menor de 100 kB, lo que puede

ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN DERIVADA DE LOS ESTADOS OPERATIVOS EN LOS BLOQUES ENERGÉTICOS

ser fácilmente transmitida a cualquier lugar de interés mundial, recordar que una transmisión y almacenamiento eficiente de la información exige la reducción del número de bits utilizados en su codificación.²³

Una de las etapas más difíciles resultan los transientes de la información entre los estados operativos, para solucionar esto, determinamos que conociendo el valor de la probabilidad de fallo de un determinado componente en el estado operativo predecesor y la probabilidad de fallo de los demás componentes del sistema en análisis, puede determinar la confiabilidad del mismo para el estado transiente actual, hasta que no caiga en uno de los estados operativos definidos con anterioridad.

Conclusiones

Podríamos resumir que este nuevo método de clasificación y optimización de la información, con el diseño de patrones caracterizados por diferentes configuraciones de equipos y la definición de los estados operativos, garantizan que en la medida que crece el tiempo de explotación y de análisis operativo del sistema, toda la información acumulada tiende a un estado de mínima entropía.

La utilización de este método permite que las herramientas hoy existentes para realizar un análisis probabilista de seguridad, puedan alcanzar formas interactivas de trabajo, mostrando en tiempo real la probabilidad de fallo en la operación o del estado operativo en que se encuentre el sistema, contribuyendo decisivamente en el proceso de toma de decisiones, para garantizar el retorno del sistema a un estado seguro de su explotación.

Por lo demás, el conocimiento de las configuraciones estables en los estados operativos y la discretización de la información con suficiente nivel de confianza en el tiempo, permiten calcular la probabilidad de fallo por medio del seguimiento de modelos matemáticos, para los diferentes regímenes de trabajo de los componentes que conforman el sistema en los estados transientes operativos en análisis.

Debe señalarse que el método hasta aquí descrito, sobre la Entropía de la Información, fue uno de los elementos fundamentales para el desarrollo e implementación de un nuevo Monitor de Riesgo de Nueva Generación, que realiza un análisis en tiempo real de la confiabilidad integral de un proceso productivo.

De hecho, esto constituye una novedad en el campo del diseño y manejo de bases de datos no expansivas, para los análisis probabilistas de seguridad de la industria y se convierte en una herramienta de trabajo que optimiza los estudios de las actividades relacionadas con la operación, el mantenimiento y el desarrollo de futuros Monitores de Riesgo organizacionales a desarrollar.

Referencias bibliográficas

1. Partido Comunista de Cuba, (PCC). Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el Período 2021-2026. Redacción: Comité Central del Partido Comunista de Cuba. Empresa de Artes Gráficas "Federico Engels". Junio; 2021.
2. Monteagudo Y J P, Jiménez R. Potencialidades del uso de la energía solar en la sede central de la Universidad de Cienfuegos. Revista científica de la Universidad del Golfo de California. 2023; 1(2): 45-54. [Consultado 25 julio 2023]; Disponible en: <http://repositorio.universidadugc.edu.mx>

ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN DERIVADA DE LOS ESTADOS OPERATIVOS EN LOS BLOQUES ENERGÉTICOS

3. Belman L CE, Jiménez García JA, Hernández G S. Análisis exhaustivo de los principios de diseño en el contexto de Industria 4.0. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. 2020; 17: 432-447. [Consultado 25 febrero 2023]; Disponible en: <https://doi.org/10.4995/riai.2020.12579>
4. Neugebauer R, Hippmann S, Leis M, & Landherr M. Industrie 4.0 From the Perspective of Applied Research. Procedia CIRP. 57: 2-7. [Consultado 24 febrero 2023]; Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.002>
5. Hernández M FE, Ruiz B ML, Rodríguez S JR, Iglesias M ME. Contribución al desarrollo nacional de tecnología de monitoreo y diagnóstico industrial. Anales Academia de Ciencias Cuba [internet]. 2023; 13(2): e1282. [Consultado 25 julio 2023]; Disponible en: <https://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1282>
6. Castellanos F V, Salomón J. Modos y Estados Operativos en centrales termoeléctricas. En: Libro de ponencias: Evento SADFIN 2003. La Habana; Instituto de Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares; 2023.
7. Díaz V DO, Filgueiras S R M. Gestión de fallos eléctricos en los turbogeneradores tb ϕ 100 de la central eléctrica Ernesto Che Guevara. Revista Ingeniería Energética. 2023; 44(1), enero/abril. [Consultado 24 julio 2023] Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>
8. Deus A CA, Muñoz C M, García T A. Implementación del algoritmo de diagnóstico técnico en los motores de grupos electrógenos Hyundai Himsen 9h25/33. Caso de estudio. Revista Cubana de Ingeniería. 2022; XIII (2): e329. [Consultado 2 junio 2023] Disponible en: <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/834>
9. Salomón J, Perdomo M. Análisis de Riesgo Industrial. Caracas: Editorial. UCV; 2000.
10. Perdomo O M., Ferro F R y Salomón LI J. Tratamiento de las fallas dependientes y las acciones humanas en los análisis de confiabilidad y riesgo de la industria convencional. 2^{da} ed. Caracas: Virtual Academic Vaisid; 2022.
11. Perdomo O M, Salomón LI J. Análisis de modos y efectos de falla expandida: Enfoque avanzado de evaluación de fiabilidad. Revista Cubana de Ingeniería. 2016; 7(2): 5-14. [Consultado 2 de febrero de 2022] Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjPub>
12. Barrera G A, Cespón C R y Feitó C M. Evaluación de la incertidumbre de medición en el sistema de transferencia por ducto Refinería-Termoeléctrica Cienfuegos. Universidad y Sociedad. 2019; 11(1): 107-115. [Consultado 2 de febrero de 2022] Disponible en: <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>.
13. Mosquera G, Rivero J, Salomón J, et al. Disponibilidad y Confiabilidad de Sistemas Industriales. Barcelona: Ediciones UGMA; Mayo 1995.
14. Shannon C A. Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal. July, October, 1948; 27: 379-423, 623-656. [Consultado 25 febrero 2023]. Disponible en: <https://people.math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf>
15. Dmítiev V I. Teoría de la información aplicada. Moscú: Editorial Mir; 1991.
16. Ávila Á R, Pino T JC. La gestión de la información en un enfoque a partir de la entropía. Revista Sinapsis. 2020; 1(16): 1390 – 9770. [Consultado 25 febrero 2023] Disponible en: <https://www.itsup.edu.ec/sinapsis>.
17. Rodríguez M J. La teoría de la información y el diagnóstico técnico. Revista Ingeniería Mecánica. 1997: 9-13. [Consultado 25 febrero 2023]. Disponible en: <https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/454>
18. Mejía H JC, Echeverry C JD y Quintero R HF. Uso de la Entropía con Permutación Multiescalar, técnicas de Selección de Características y Clasificadores Supervisados para el Diagnóstico de Fallas

ENTROPÍA DE LA INFORMACIÓN DERIVADA DE LOS ESTADOS OPERATIVOS EN LOS BLOQUES ENERGÉTICOS

- en Rodamientos. *Scientia et Technica*. 2021; 26 (04): 2344-7214. [Consultado 25 febrero 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.22517/23447214.24579>
19. Carvajal Y, Kottow M. Metrología de la incertidumbre: un estudio de las estadísticas vitales en Chile y Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 2012; 28(11): 2063-2075. [Consultado 12 marzo 2023] Disponible en: <https://www.scielo.br/j/csp/a/Gss4zPZfCjWdwZhKdWBhHkv/?format=pdf>
20. Ochoa C J, Martínez T JF. Reconocimiento de Patrones. Publicación semestral de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial, *Komputer Sapiens*. julio-diciembre 2011; Año III Volumen II: 5-9. [Consultado 26 febrero 2023]; Disponible en: <http://www.komputersapiens.org.mx/>
21. David J C. *Mackay Information Theory Inference, and Learning Algorithms*. Universidad de Cambridge; 2003.
22. Castellanos F V, Salomón J. Cálculo de Entropía de la Información de los Estados Operativos de un Sistema de Agua de Alimentar de un bloque de 100 MW. *Memorias del VIII aniversario de la Cátedra de Seguridad y Riesgo de Cuba*. La Habana; 2015.p. 12-24.
23. Castellanos F V. *Nuevos indicadores de confiabilidad en el desarrollo del Monitor de Riesgo de la industria*. [Propuesta de Tesis doctoral]. La Habana; Servicio de Publicaciones, ISCTN; 2012.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no presentar conflictos de intereses

Contribución de los autores

- Vicente Ferrer Castellanos: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Escritura, Borrador original, Redacción: revisión y edición.
- Gabriel Montesino Figueroa: Conceptualización, Análisis formal, Validación, Visualización, Redacción: revisión y edición.
- Jesús Salomón Llanes: Conceptualización, Análisis formal, Validación, Visualización, Redacción: revisión