



## **Análisis de errores humanos mediante la tecnología TErEH: experiencias en su aplicación**

### ***Human error analysis by the technology TErEH: experiences in its application***

**Reicelis Casares-Li, Aida G. Rodríguez-Hernández, Silvio Juan Viña-Brito**

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana, Cuba  
E-mail: [rcasares@ind.cujae.edu.cu](mailto:rcasares@ind.cujae.edu.cu), [aida@ind.cujae.edu.cu](mailto:aida@ind.cujae.edu.cu), [silviovi@ind.cujae.edu.cu](mailto:silviovi@ind.cujae.edu.cu)

*Recibido: 26/06/2015*  
*Aprobado: 28/10/2015*

#### **RESUMEN**

Se presenta la tecnología TErEH (Tratamiento Ergonómico del Error Humano) para identificar, analizar y resolver errores humanos, a través del análisis ergonómico de la actividad de trabajo. Se explican las etapas y los pasos de la tecnología. Se manifiesta cómo mediante la relación de las taxonomías de fallos activos (FA) y condiciones latentes (CL) puede ser efectuado el análisis de errores humanos. Se determinan las reservas productivas, de calidad, y de seguridad y salud ocupacional en el proceso analizado. En la aplicación práctica de las dos primeras etapas de la tecnología se caracterizaron los riesgos de ocurrencia de fallos activos (errores y violaciones) y su relación con posibles consecuencias. A través de la aplicación se comprobó la eficacia de la tecnología TErEH para el análisis de errores y se derivaron conclusiones asociadas a la necesidad de incorporación de procedimientos de análisis económicos.

**Palabras clave:** error humano, TErEH, ergonomía, riesgos, fallos activos, condiciones latentes.

#### **ABSTRACT**

*The technology TErEH is presented to identify, analyze and resolve human errors through ergonomic analysis of the work activity. The article basically explains what is needed to accomplish each of the stages and steps of the technology, and how the relationship among the taxonomies of active failure (AF) and latent conditions (LC) allow carrying out the human error analysis. It is determined which are the reserves from the point of view of production, quality, and occupational safety and health in the process. The application of the first two stages of the technology characterized the risks of occurrence of active failures (errors and violations) and their relation with possible consequences. The effectiveness of the technology TErEH for the analysis of human errors was proven through its application. Also, needs related to the incorporation of procedures for an economic analysis were identified.*

**Key words:** human error, TErEH, ergonomics, risk, active failure, latent conditions.

# ANÁLISIS DE ERRORES HUMANOS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA TEREH: EXPERIENCIAS EN SU APLICACIÓN

## I. INTRODUCCIÓN

El error humano siempre ha estado presente en los procesos, pero su ocurrencia y efectos se han acrecentado como consecuencia de las complejas dinámicas operacionales de los sistemas de producción y servicio actuales. Tales efectos pueden llevar a la pérdida del negocio o a desaprovechar importantes reservas productivas, como resultado de la incidencia de factores sistemáticos que influyen en el riesgo de error humano. Incluso en ocasiones estos tienen consecuencias catastróficas, como los conocidos casos del *Titanic*, *Three Mile Island* y *Chernobyl*. Por la magnitud del impacto que pueden tener los errores humanos en la actividad laboral, hoy constituyen un creciente foco de atención de la Ergonomía. La ciencia aplicada que estudia el sistema integrado por el trabajador, los medios de producción y el ambiente laboral para que el trabajo sea eficiente y adecuado a las capacidades psicofisiológicas del trabajador, promoviendo su salud y logrando su satisfacción y bienestar (NC 3000: 2007) [1].

Dentro de esta ciencia, hay diferencias notables entre distintos especialistas respecto a cómo enfocar el estudio del error humano. En aspectos relacionadas con: su concepto, su modelación conceptual y el tipo de modelo matemático a elegir para establecer una jerarquía de riesgos, entre otros aspectos. Existe polémica en la definición de error humano, entre autores, en dependencia de: su perfil y tipo de experiencia profesional o las particularidades del campo de trabajo que preferentemente analizan. Los investigadores lo definen como: la causa de una acción, como algo que se hizo mal, o como algo que salió mal [2, 3,4, 5].

Las aproximaciones a su modelación conceptual difieren teniendo en cuenta los aspectos referidos anteriormente, según se enfoquen, por ejemplo, en considerar al error humano como resultado:

- (a) de las acciones propias de un estilo de dirección
- (b) de los procesos cognoscitivos del trabajador
- (c) del comportamiento de un sistema en el cual el trabajador es un componente más a analizar

Esto ha llevado al desarrollo de diversos modelos, taxonomías y técnicas para el análisis y valoración del riesgo de error, algunos de los cuales en su concepción han unificado a más de uno de estos enfoques [6, 7, 8, 9].

Algo similar ocurre con la modelación matemática de la posibilidad de ocurrencia de los errores, para cuya cuantificación se emplean reglas probabilísticas, métodos de investigación de operaciones o de lógica difusa [10, 11, 12, 13]. Existen criterios diversos en cuanto al uso de uno u otro tipo de modelo, siendo la crítica principal en el caso de las dos primeras formas de cuantificación, la ausencia o falta de confiabilidad de datos sobre la frecuencia de ocurrencia de errores para la modelación matemática. Esto está provocado porque usualmente no se registra su ocurrencia, salvo en casos donde las consecuencias tienen un impacto negativo considerable [5, 6]. El subregistro también dificulta la comprensión de los mecanismos causales del error humano.

La práctica más extendida de análisis de error humano es el que se realiza en la investigación de las causas de accidentes u otros eventos en los cuales ha ocurrido un daño de alguna magnitud [6, 7, 8]. Aunque también se emplea en el análisis de riesgos [14, 15, 16, 17].

Para este trabajo el análisis de posibles errores humanos debe ser una parte consustancial del análisis ergonómico presente en todo ciclo de diseño, ejecución, control y mejoramiento de los sistemas de trabajo. Por lo cual, no se debe limitar a los dos escenarios mencionados en el párrafo anterior de forma esporádica o casuística.

La *International Ergonomics Association (IEA)* y la *International Commission on Occupational Health (ICOH)* han definido el error humano como "una decisión o comportamiento humano inapropiado o no deseable que produce, o tiene el potencial para producir, una reducción en la efectividad, salud y seguridad del trabajador, o una interrupción en el comportamiento del sistema" [18].

Teniendo en cuenta la conveniencia de enfatizar la función del análisis ergonómico a lo largo de todo el ciclo del sistema, en este trabajo se propone la siguiente modificación a la anterior definición:

**Error humano es una decisión o acción humana, que produce, o tiene el potencial para producir, una reducción en la efectividad, salud y seguridad del trabajador, o una**

**interrupción en el comportamiento del sistema socio – técnico, con un impacto inmediato o a largo plazo.**

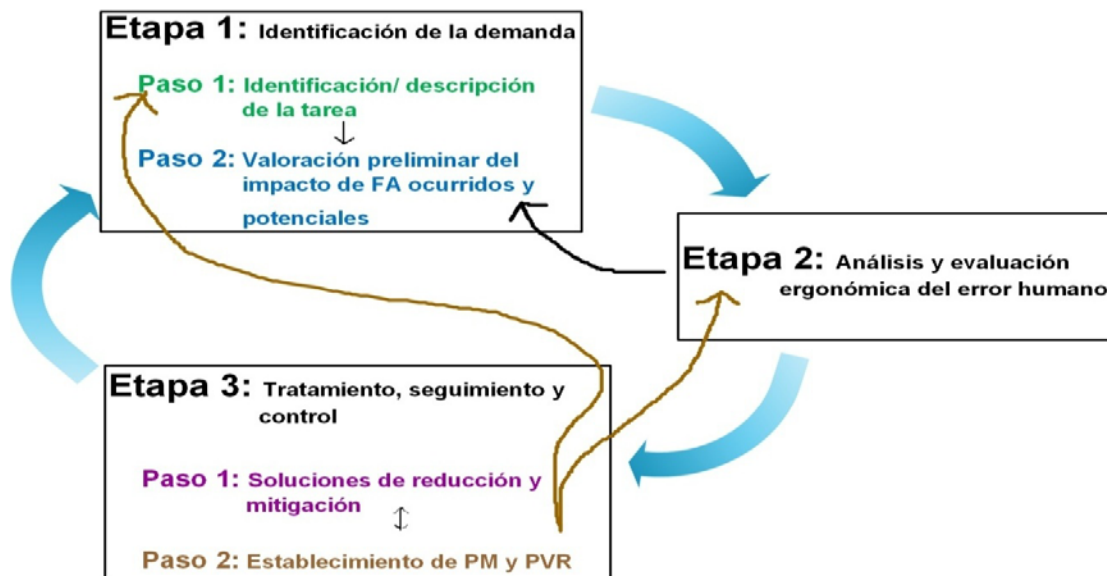
En la definición anterior, la inclusión del momento de ocurrencia del impacto de las decisiones o acciones humanas, permite establecer desde la conceptualización la relación que existe entre los errores que ocurren a lo largo de todos los niveles del sistema socio – técnico [7, 8, 9]. Estos errores se dividen en fallos activos (FA) y condiciones latentes (CL). Los primeros son aquellos actos inseguros que tienen un impacto directo y son cometidos por los trabajadores que operan el sistema. Los segundos son resultado de decisiones de los diseñadores y gerentes, las que se expresan en las condiciones del entorno, la política y cultura organizacional; influyendo así el desempeño de los trabajadores.

Los autores enfrentaron la tarea de resolver esta contradicción mediante el diseño de una tecnología que seleccione, integre y complemente diferentes métodos y herramientas de forma armónica. Pues, existen diferencias en distintos enfoques ergonómicos del error humano, y se necesita una guía única, aunque flexible, para realizar estos trabajos en las empresas cubanas. Este artículo tiene como objetivo exponer los resultados obtenidos a partir del análisis de diferentes teorías y de su confrontación con la práctica en el entorno específico de empresas estatales cubanas. Se tuvieron en cuenta las posibles diferencias asociadas a tareas con disímiles demandas de intensidad de trabajo de conocimiento. Estos resultados se expresan en el diseño y aplicación de una tecnología para el Tratamiento Ergonómico del Error Humano (TErEH), y una guía para futuros trabajos.

## II. MÉTODOS

La tecnología TErEH posibilita el análisis y solución de los errores humanos, así como de sus mecanismos de ocurrencia, al identificar, evaluar y brindar criterios para reducir y mitigar los elementos débiles en el diseño de procesos y productos. Dichas funciones se basan en: principios ergonómicos, el análisis de vulnerabilidades, y en la experiencia de problemas pasados en la misma empresa o en otras similares, facilitando así un diseño de soluciones centradas en humanos.

TErEH cuenta con 3 etapas, dos de ellas conformadas por 2 pasos; en la figura 1 se muestra la relación requerida entre las etapas para su aplicación. Esta comienza con la comunicación y consulta de todas las partes interesadas en obtener beneficios de su aplicación, donde también se identifican las necesidades de capacitación para aplicar la tecnología. Una vez concluido este paso previo, teniendo en cuenta cuál tipo de análisis se realizará, si preventivo o correctivo, se continúa con su desarrollo.



**Figura 1.** Relación entre las etapas de la tecnología TErEH

## ANÁLISIS DE ERRORES HUMANOS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA TEREH: EXPERIENCIAS EN SU APLICACIÓN

El objetivo de la primera etapa es determinar la demanda del estudio, a través de una identificación/descripción de la tarea a analizar, a partir de las diferencias entre el trabajo prescrito y el ejecutado. Esto hace posible una comprensión tanto de la conciencia de la situación de los diferentes actores implicados en el proceso, como de los modelos mentales de que se auxilian para la toma de decisiones en cada una de las actividades que componen la tarea. A través del empleo del análisis ergonómico del puesto de trabajo *Ergonomic Workplace Analysis (EWA)* modificado y de las técnicas de análisis de los aspectos relacionados con la formación de una conciencia de la situación [19]. Se emplearon otras técnicas de ingeniería industrial para el análisis de la actividad de trabajo, se evalúa en el segundo paso de forma preliminar el impacto de los FA, según corresponda, asegurando prestar atención a aquellos que tienen un impacto de moderado a alto.

En la segunda etapa, con el empleo de otras herramientas de ingeniería industrial se realiza el análisis y evaluación ergonómica donde son identificadas nuevas CL y las consecuencias de los FA. Aquí pueden ser identificados nuevos FA como resultado de la aplicación de técnicas ergonómicas y de ingeniería industrial que permiten profundizar en la caracterización de las condiciones adversas, lo que puede requerir un retorno al paso 2 de la etapa 1.

En esta etapa son clasificados los FA y las CL de acuerdo a las taxonomías que se proponen en TEREH, y se muestran en la figura 2. La etapa concluye con la evaluación del riesgo de error humano a través del empleo de un método de lógica difusa [20]. El procedimiento para aplicar la lógica difusa es diferente si el FA ya ha ocurrido o si es potencial. La evaluación del riesgo permite identificar los FA y CL a priorizar en el diseño de soluciones, así como identificar donde se encuentran las mayores vulnerabilidades de los procesos analizados desde el puntos de vista de errores humanos.

En la tercera etapa, en un primer paso se identifican las posibles alternativas de solución para los FA y las CL, las que pueden ser de mitigación y reducción lo que propicia un aumento de la resiliencia. Posteriormente se emplea una herramienta de toma de decisiones multiatributo en la valoración de las alternativas que tienen como criterios de selección:

- a) la magnitud en que la alternativa satisface la solución del problema
- b) la relación costo – beneficio de la inversión
- c) el efecto directo e indirecto que para la productividad, seguridad y salud, y la calidad tiene la alternativa
- d) el número de errores potenciales y el modo potencial de error que pudiese generar la alternativa de solución

Esto posibilita identificar no solo la alternativa óptima, sino también un conjunto de alternativas de solución factibles.

En el segundo paso se propone la identificación y documentación de patrones metodológicos y de visualización de resultados, los que resultan de una modificación de los procedimientos propuestos por Infante [21]. Cada una de las etapas de TEREH culmina con el llenado de 3 registros; el primero destinado a la documentación del contexto estudiado, el segundo documenta la relación entre FA, CL, sus clasificaciones, su evaluación del riesgo y el tercero fundamenta las alternativas de solución.

La taxonomía de FA, que se muestra en la figura 2 es empleada para facilitar la asociación entre las etapas 2 y 3 de la tecnología. Para ello se adaptaron algunas de las clases propuestas en Reason, Weigmann y Shappell y Senders; lo que hace más fácil la identificación de los mecanismos de ocurrencia del error y por tanto la identificación de las alternativas de solución del paso 1 de la tercera etapa [2, 5, 4].

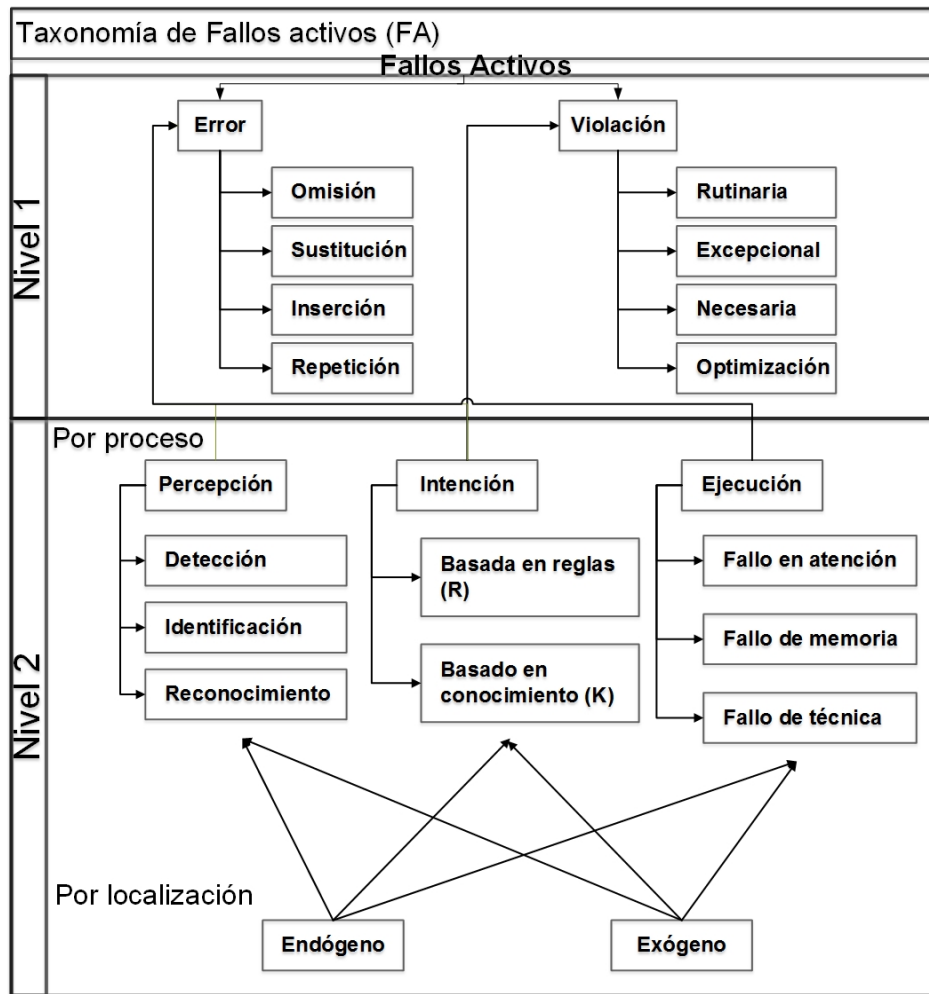


Figura 2. Taxonomía de FA empleada en la etapa 2 de TErEH

Se emplea la herramienta *EWA* en la etapa 1, por ser adecuada para iniciar el análisis ergonómico del trabajo y determinar los aspectos relevantes relativos a la tarea objeto de estudio. Se requiere aplicar tras herramientas, técnicas y métodos ergonómicos para la evaluación de las CL y de los procesos cognoscitivos de los individuos, y determinar su influencia en aquellos FA que resultaron tener un impacto de moderado a alto, durante el paso 2 de la etapa 1.

El empleo del método para la medición de la Intensidad De Trabajo De Conocimiento (ITC), como parte de TErEH además de ayudar a identificar las causas de los FA relativos a la toma de decisiones y a establecer alternativas de solución para los desbalances que se produzcan; entre las demandas de las tareas y las facilidades para su ejecución [22]. Permite también identificar las herramientas más idóneas durante la ejecución de la tecnología al caracterizar el tipo de trabajo realizado [26], a través de la cuantificación de seis dimensiones cognoscitivas de las tareas estudiadas.

El empleo de números difusos y la teoría de conjuntos difusos en la evaluación del riesgo en TErEH, posibilita la modelación matemática con un conjunto pequeño de datos. El resultado de la valoración está asociado a un intervalo para su interpretación. Los juicios de los expertos, expresados a través del lenguaje natural están asociados a la habilidad humana de comunicarse mediante definiciones vagas e inciertas. Esto es un atributo importante de la inteligencia, que los conjuntos difusos son capaces de captar y modelar [10, 11, 16, 17]. La determinación del intervalo depende, en gran medida, del impacto que tengan las valoraciones de las CL para la ocurrencia del error, así como de la detectabilidad de la presencia de un FA potencial. Para ello se emplean criterios relativos a la teoría de detección de señales; en el caso del análisis de un FA ocurrido, el aspecto de la detectabilidad será

## ANÁLISIS DE ERRORES HUMANOS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA TEREH: EXPERIENCIAS EN SU APLICACIÓN

sustituido por el impacto de las acciones correctivas en caso de haberse tomado estas. TEREH, tiene en cuenta las críticas y recomendaciones de Beaudouin y plantea un método propio para la evaluación del riesgo [18].

El paso 2 de la etapa 3 posibilita el reuso de la información ayudando a gestionar el conocimiento relativo a los mecanismos de ocurrencia del error. Permite la mejora continua de TEREH al emplear los patrones metodológicos (PM) y los patrones de visualización de resultados (PVR) como ayudas en su aplicación, en diferentes momentos de la aplicación.

Esto facilita su aplicación en contextos similares a los que ya han sido objeto de estudio, al concebirse una herramienta con memoria propia que ayude a los analistas a identificar, analizar, evaluar y reducir y/o mitigar el error humano. Esta característica de la tecnología ayuda a los diseñadores con su objetivo de disminuir las posibilidades de error o de atenuar sus consecuencias desde el diseño de las actividades. Se propicia una disminución de la intensidad de trabajo de conocimiento necesaria para la aplicación de TEREH.

### II. RESULTADOS

Los resultados presentados son relativos a las experiencias del diagnóstico de la incidencia de errores en diferentes puestos de trabajos en empresas de alta tecnología, de ahí que los resultados mostrados son consecuencia de la ejecución de las etapas 1 y 2 de la tecnología. En esta investigación se detectaron 73 FA potenciales como resultado de la aplicación del paso 1 de la primera etapa. En las figuras de la 3, 4 y 5 se muestran los resultados de la aplicación de la tecnología TEREH, aun proceso productivo.

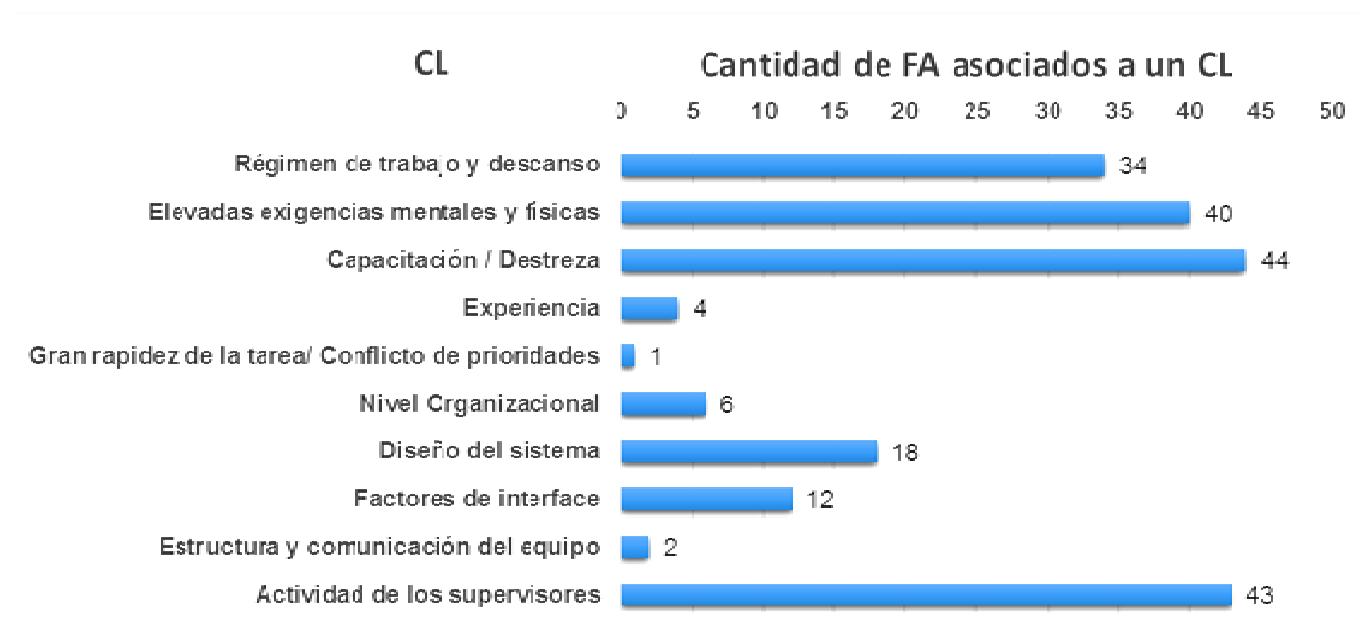
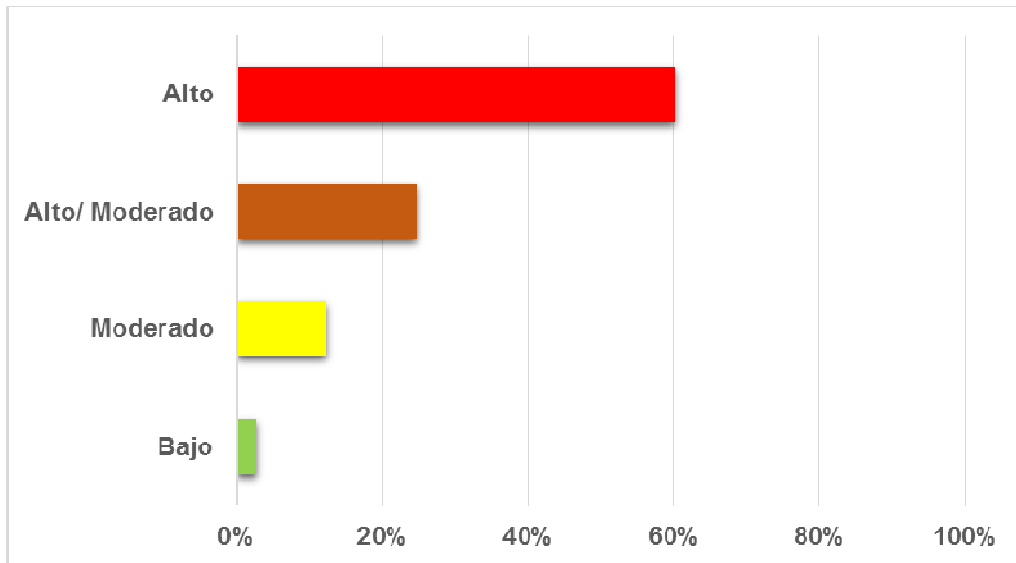
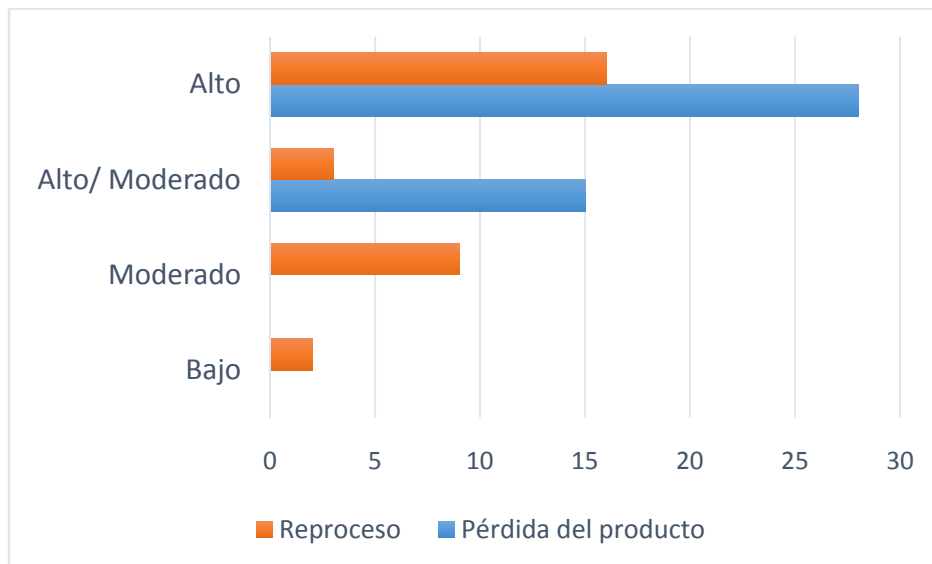


Figura 3. Cantidades de FA asociados con las CL que influyen en su ocurrencia



**Figura 4.** Relación de los niveles de riesgo encontrados en los 71 FA potenciales encontrados



**Figura 5.** Relación de los riesgos detectados con las potenciales consecuencias productivas

El 73% de los FA potenciales son originados por errores, mientras que el 20% están asociados a violaciones, y el 7% restante a violaciones/errores, pues en dependencia de los mecanismos de ocurrencia podrán ser asociados a una categoría u otra.

En la figura 3 se identifican cuantos FA están asociados a cada una de las clasificaciones de CL que se proponen en TErEH para ser consideradas en la identificación de los mecanismos de ocurrencia, o sea en la identificación de los escenarios de riesgos de errores. Se encontró que el 60% de las CL estaban asociadas a factores externos. Esta clasificación se obtiene a partir de la aplicación de herramientas ergonómicas más complejas; que permitieron la caracterización del puesto de trabajo, el proceso y el trabajo del equipo. En las figuras 4 y 5 se muestran los niveles de riesgos de ocurrencia de FA en el proceso, así como las posibles consecuencias de los mismos.

Los valores de ITC de los operarios varían entre un 40 y un 60 %y el índice de carga mental (ICM) entre un 50 y 79 %, mientras que el ITC de los supervisores fue de un 60 y un 90 %, y su ICM entre

## ANÁLISIS DE ERRORES HUMANOS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA TEREH: EXPERIENCIAS EN SU APLICACIÓN

un 80 y un 90%. Los operarios que laboran en el proceso estudiado tienen menos de 3 años de experiencia excepto en uno de los turnos de trabajo, donde es de entre 10 y 12.

Las consecuencias de la ocurrencia de los FA potenciales solo pudieron ser valoradas en términos de lo que podía suceder con el producto, como se muestra en la figura 5. La evaluación económica asociada al reproceso o la pérdida del producto no pudo ser cuantificada.

### IV. DISCUSIÓN

Como se puede observar en la figura 3 hay causas que inciden en la ocurrencia de más de un FA, de ahí que se corrobore una de las complejidades del análisis de errores humanos. Pues la ocurrencia de los mismos no solamente depende de la presencia de una o dos causas, sino que es un problema multicausal donde las relaciones no son necesariamente estables.

Las CL que fueron listadas en la figura 3 son originadas principalmente por aspectos técnicos – organizativos del sistema y factores de interface. Esto provoca que los niveles de ITC e ICM sean elevados en actividades que por su naturaleza ya demandan de los trabajadores un uso medio de los conocimientos, para mantener la competitividad de los productos, servicios y la operatividad de los procesos.

Los elevados niveles de ITC e ICM, están debidos a que las CL provocan que determinadas demandas no puedan ser satisfechas. Esto está ocasionado por no brindar las ayudas necesarias para dar satisfacción a algunas dimensiones de esa demanda, lo que requiere del desarrollo de esfuerzos compensatorios por parte de los trabajadores.

Estos esfuerzos compensatorios pueden generar estrés y hacer al sistema más vulnerable a la ocurrencia de FA, incluso para aquellos trabajadores capaces. Estos esfuerzos pueden ser evitables con un mejor diseño de las condiciones de trabajo, desde la etapa de planificación de las actividades de trabajo que serán ejecutadas.

Los riesgos e impactos de los errores, como se muestra en las figuras 4 y 5, presentan valores no despreciables, aunque se debe señalar que en la mayoría de las ocasiones estos FA no se ven materializados debido a los comportamientos compensatorios que despliegan los trabajadores que en el proceso laboran.

Estos comportamientos constituyen fuentes de estrés y de posibles errores cuando durante la actividad de trabajo los individuos se enfrentan a condiciones laborales que ponen en conflicto a más de un consecuente del proceso productivo (calidad, productividad y seguridad y salud en el trabajo).

La ocurrencia de uno de estos FA casi siempre implica la pérdida del producto, como se muestra en la figura 5. Esto ocurre en el 58 % de las ocasiones, además se debe destacar que la pérdida del producto está asociada a la ocurrencia de FA que tiene un riesgo entre moderado a alto. Esto implica que la posibilidad de aumentar los costos asociados a la actividad sea no despreciable. Mientras que los reprocesos productivos se asocian a niveles de riesgo de bajo a moderado.

Los costos económicos en que se incurriría por reproceso o la pérdida del producto no pudieron ser cuantificados. Esto estuvo motivado porque no se tenían desagregado los costos del proceso analizado y la tecnología TEREH no cuenta con un procedimiento propio que permita su cuantificación. Existen FA que comparten la misma forma de manifestación, aunque por sus mecanismos de ocurrencia pueden ser clasificados en más de una categoría. Se puede establecer que la presencia de un conjunto de condiciones latentes no establece que se produzca un determinado FA o una determinada expresión del mismo.

### V. CONCLUSIONES

1. La tecnología para el tratamiento ergonómico del error humano, TEREH, facilita la identificación de reservas productivas y de calidad, así como la gestión de la seguridad y salud de los trabajadores. Esto es posible al lograr la identificar en procesos, puestos de trabajo y equipos de trabajo los disfuncionamientos y comportamientos compensatorios que desarrollan los individuos para lidiar con las dinámicas situacionales.



2. Un conjunto de CL tiene un determinado grado de asociación con ciertos FA o expresiones de error, o sea varias CL pueden dar lugar a diferentes formas de expresión de errores o FA.
3. Es conveniente expandir la aplicación de la tecnología TErEH, para determinar la incidencia de los errores humanos en los niveles de riesgo y en la detección de brechas en los procesos, así como la cuantificación de la misma.
4. Deben incorporarse procedimientos para la cuantificación económica de la ocurrencia de errores a la tecnología TErEH. 🏠

## **VI. REFERENCIAS**

1. ONN. NC 3000: 2007, Sistema de Gestión Integrada de Capital Humano. La Habana: Oficina Nacional de Normalización. 2007.
2. Reason J. Human error First ed. Cambridge: Cambridge University Press; 1990. 296 p. ISBN 0-521-30669-8.
3. Salmon PM, Lenné MG, Stanton NA, et al. Managing error on the open road: The contribution of human error models and methods. *Safety Science*. 2010;48(10):1225-35. ISSN 0925-7535.
4. Salvendy G. Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. New Jersey and Canada: John Wiley & Sons; 2012. 1689 p. ISBN 978-1-118-13149-7
5. Kerguelén B, Carlos A. . Reporte y análisis de eventos adversos: la necesidad de estructurar sus relaciones. *Rev Centro de Gestión Hospitalaria*. 2010;Julio(52):8. ISSN 0214-8919.
6. Marchitto M. El error humano y la gestión de seguridad: la perspectiva sistémica en las obras de James Reason. *Rev Laboreal*. 2011;7(2):56 - 4. ISSN 1646-5237
7. Shappell S, Wiegmann D. A Methodology for Assessing Safety Programs Targeting Human Error in Aviation. *International Journal of Aviation Psychology*. 2009;19(3):252-69. ISSN 10508414. DOI 10.1080/10508410902983904.
8. Underwood P, Waterson P. Systems thinking, the Swiss Cheese Model and accident analysis: A comparative systemic analysis of the Grayrigg train derailment using the ATSB, AcciMap and STAMP models. *Accident Analysis & Prevention*. 2014;68(0):75-94. ISSN 0001-4575.
9. Chen W. A quantitative Fuzzy Causal Model for hazard analysis of man-machine-environment system. *Safety Science*. 2014 (62):475-82. ISSN 0925-7535.
10. Garvey M, Joglar F, Collins EP. HRA for detection and suppression activities in response to fire events. En: *Annual Reliability and Maintainability Symposium*. Colorado (Estados Unidos): IEEE; 2014. p. 1-6. ISBN 9781479928491.
11. Garvey M, Joglar F, Collins EP. HRA for detection and suppression activities in response to fire events. En: *Annual Reliability and Maintainability Symposium*. Colorado (Estados Unidos): IEEE; 2014. p. 1-6. ISBN 9781479928491.
12. Hassija V, Senthil Kumar C, Velusamy K. Probabilistic safety assessment of multi-unit nuclear power plant sites – An integrated approach. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2014 (32):52-62. ISSN 0950-4230.
13. Lin Q-L, Wang D-J, Lin W-G, et al. Human reliability assessment for medical devices based on failure mode and effects analysis and fuzzy linguistic theory. *Safety Science*. 2014 (62):248-56. ISSN 0925-7535. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2013.08.022>.
14. Altabbakh H, AlKazimi MA, Murray S, et al. STAMP – Holistic system safety approach or just another risk model? *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2014 .(32):109-19. ISSN 0950-4230.
17. Beaudouin F, Munier B. A revision of industrial risk management: Decisions and experimental tools in risk business *Risk and Decision Analysis*. 2009;1(1):18. ISSN 1875-9173
18. Feuerbacher R, Funk II K, Yodpigit N, et al. Methodology to Identify Systemic Vulnerabilities to Human Error during General Anesthesia Administration. En: *Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference*. Vancouver, Canada: IERC; 2008. p. 779 - 804. ISBN 0-89806-216-0.
19. Ahonen M, Launis M, Kuorinka Tk. Ergonomic workplace analysis. Section E, editor. Helsinki (Finland): Finnish Institute of Occupational Health; 1989. 34 p. ISBN 951-801-674-7.

## ANÁLISIS DE ERRORES HUMANOS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA TEREH: EXPERIENCIAS EN SU APLICACIÓN

20. Casares Li R. Diseño de una tecnología para estructurar las decisiones en el diagnóstico y tratamiento del error humano en el trabajo [Tesis de maestría]. La Habana: Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría; 2012.
21. Infante Abreu MB. Modelo de vigilancia tecnológica basado en patrones asociados a factores críticos [Tesis de doctorado]: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría; 2013.
22. Rodríguez Hernández AG, Casares L, Reicelis, Viña Brito S, Abril O. Diseño de ayudas al trabajador del conocimiento. *Revista Ingeniería Industrial*. 2015;36(2):8. ISSN 1815-5936
23. Rodríguez AG, Casares Li R, Viña Brito S. La evaluación de la intensidad de trabajo de conocimiento en la ingeniería industrial. En: 16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. La Habana, Cuba2012. p. 4. ISBN 978-959-261
24. Purba JH. A fuzzy-based reliability approach to evaluate basic events of fault tree analysis for nuclear power plant probabilistic safety assessment. *Annals of Nuclear Energy*. 2014;70(0):21-9. ISSN 0306-4549. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.anucene.2014.02.022>.
25. Rivera SS, Baziuk PA, Núñez M, Jorge E. Fuzzy Uncertainties in Human Reliability Analysis. En: *World Congress on Engineering. II*. London2011. p. 970 - 5. ISBN 978-988-19251-4-5
26. Domech M, Jesús Análisis de confiabilidad humana en una refinería de petróleo. *Uso de metodología borrosa. Cuadernos del CIMBAGE*. 2010;(12):14. ISSN 1669-1830