



Diseño de ayudas al trabajador del conocimiento

Design of aids to knowledge worker

Aida G. Rodríguez-Hernández^I, Reicelis Casares-Li^I, Silvio Juan Viña -Brito^I, Olivia Rodríguez-Abril^{II}

^I Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana, Cuba.

E-mail: aida@ind.cujae.edu.cu, rcasares@ind.cujae.edu.cu, silviovi@ind.cujae.edu.cu

^{II} Facultad 1, Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.

E-mail: orabril@uci.cu

Recibido: 15/07/2013

Aprobado: 02/02/2015

RESUMEN

Se presenta un método para investigar los requerimientos del *software* a satisfacerse en el diseño de una herramienta informática que apoye eficazmente los conocimientos de los usuarios que apliquen un determinado método complejo de asignación y programación de trabajos y descansos a obreros. El método, consta de 10 etapas, se aplicó en dos talleres por sendos equipos de ingenieros experimentados. Se capacitó a una cantidad igual de personas sin experiencia, y se les dio el mismo encargo. Se evaluó la intensidad del trabajo de conocimiento (ITC) que demandó cada etapa a cada uno de los cuatro equipos, y se aplicó una taxonomía de errores humanos para caracterizar los errores cometidos en cada etapa. Se comprobó la eficacia de la ITC y de la taxonomía para detectar la necesidad de ayudas al diseño acorde al trabajador del conocimiento, y en el diseño de apoyos ergonómicos para minimizar errores en cada etapa.

Palabras clave: trabajador del conocimiento, ayudas al diseño, intensidad del trabajo del conocimiento, errores humanos, ergonomía, requerimientos del *software*.

ABSTRACT

In this article is presented a method to investigate the software requirements to be satisfied in the design of an informatics tool, to give effective support to the knowledge of the user who executes a complex job of assigning and scheduling of work and rest. The procedure was broken down into 10 stages, was applied in two workshops by two teams of experienced engineers. It was trained an equal number of people without experience, and were given to them a similar task. To assess the knowledge work intensity (KWI) who sued each stage to each of the four teams, and taxonomy of human error was applied to characterize the errors at each stage. It was proven the efficacy of the KWI and the human error taxonomy for the detection of needs of aid to the design according to knowledge worker, and in the designing of ergonomic aids to minimize errors at each stage.

Key words: knowledge worker, aids design, knowledge work intensity, human error, ergonomics, software requirement.

I. INTRODUCCIÓN

La definición inicial del problema era reducir la complejidad cognoscitiva en la aplicación de la ergonomía al análisis y planificación de tareas que implican una carga de trabajo físico considerable. El primer aspecto detectado en la complejidad fue el cálculo y graficado de los LGE. Se desarrolló el *software* para resolver ese componente del método. Este nivel de ayuda resultó suficiente para el trabajo en el laboratorio, ejecutado o guiado por personal experto. Sin embargo, es insuficiente para la aplicación cotidiana en el trabajo práctico por personal capacitado pero no necesariamente experto, debido a la riqueza de complejidades y variantes de una aplicación real. Esta insuficiencia constituye una limitante de consideración para una amplia aplicación del método.

La solución propuesta a este problema fue el desarrollo de un *software* de ayuda a la toma de decisiones que abarque todas las etapas del método, y así surgió TraDes, con la perspectiva de lograr un software que suministrara información de consulta [1]. Realizará cálculos y gráficos, y almacenará bases de datos, brindando ayuda a todas las etapas del método. El problema queda reformulado: ¿Qué requerimientos debe satisfacer TraDes para ser capaz de dar una ayuda efectiva al conocimiento a través de todo el proceso de aplicación del método?

Se presentará un método para investigar los requerimientos de apoyo al conocimiento a satisfacer en el diseño de una herramienta informática que apoye eficazmente los conocimientos de los usuarios que analicen y planifiquen el régimen de trabajo y descanso de trabajadores. En especial para quienes realizan tareas de considerable carga de trabajo físico, considerando en las decisiones la capacidad de trabajo físico de cada trabajador.

La mecanización y automatización reducen el componente físico del trabajo causando un aumento del trabajo del conocimiento, en el cual existe un vínculo estrecho entre productividad y calidad influidas por la ocurrencia de errores. Según la contribución más importante que necesita hacer la ciencia de la dirección en el siglo XXI es incrementar la productividad del trabajo de conocimiento y de su trabajador [2,3]. Ramírez aporta que no hay una dicotomía trabajador físico – trabajador del conocimiento, sino que hay un “continuo” de situaciones entre esos dos extremos [2]. Sobre la consideración surge el concepto de intensidad del trabajo de conocimiento, para el cual propone un método de medición [4].

En apoyo al trabajador del conocimiento y a su productividad se desarrollan las herramientas de ayuda a las decisiones, cuya eficacia dependerá, entre otras cosas, de que en su diseño se atiendan a los requerimientos ergonómicos. Algunos antecedentes del presente trabajo en la exploración de principios ergonómicos para el diseño de ayudas a la decisión en la Facultad de Ingeniería Industrial se refieren a continuación.

- Tesis: “El diseño de sistemas para las aplicaciones estadísticas en Ingeniería Industrial”. Donde se establece un conjunto de principios para el uso de la ergonomía en los procesos de concepción y desarrollo del software de ayuda a las aplicaciones estadísticas. Entre los principios de diseño orientados a la ayuda al trabajador del conocimiento, se establece que a la propiedad de hacer fácil la comprensión de la herramienta de apoyo (usabilidad), se le debe añadir una propiedad. La característica de ayudar al aprendizaje y a la cabal comprensión e interpretación del método mismo que se va a aplicar, propiciando incluso el desarrollo de la capacidad de contribuir al mejoramiento de ese método [5].
- Investigaciones de la ayuda a la aplicación masiva de la ergonomía en la prevención de desórdenes músculo-esqueléticos durante 2006-2010, con la colaboración del Instituto Superior de Diseño, (ISDI). Estas investigaciones se centran en el diseño de la hoja de trabajo de la herramienta para la Evaluación del Riesgo Individual, (ERIN) [6]. Se comenzaron investigaciones sobre la naturaleza y las causas de errores humanos, para ser usados en el diseño de ayudas a su prevención, más recientemente [7, 8].
- Desarrollo de un método, derivado del de Ramírez, para la evaluación de la intensidad del trabajo de conocimiento. Dicho método identifica las tareas y las dimensiones del trabajo hacia las cuales se deba dirigir el diseño de las ayudas al trabajador del conocimiento [9].
- La tesis doctoral de Viller recoge el uso de la ergonomía de los errores humanos en el mejoramiento de los procesos de ingeniería de requerimientos, a través de la creación del método PERE, *Process Evaluation in Requirements Engineering* [10]. Este método ofrece una taxonomía de

DISEÑO DE AYUDAS AL TRABAJADOR DEL CONOCIMIENTO

errores humanos y recomendaciones para identificar, clasificar y resolver posibles errores en el trabajo de ingeniería de requerimientos del software.

- En la investigación para el diseño de TraDes se aplicó una taxonomía de errores humanos, con las correspondientes recomendaciones para mitigarlos. A diferencia de PERE, la taxonomía empleada en TraDes no está enfocada en los errores de los diseñadores, sino en el análisis de las dificultades la prevención de los errores de los usuarios del método a automatizar. Por ello, la investigación de las dificultades de los usuarios se usa como base para el establecimiento de los requerimientos de apoyos que debe ofrecerle el *software* a sus usuarios en la ejecución de su trabajo, y asocia las dificultades de cada etapa de la tarea con las características personales de los usuarios. En este trabajo, tanto la evaluación de la ITC como el análisis de errores están orientados a asegurar la usabilidad del *software* que soportará el método que aplicará el usuario [11]. En ese sentido, tanto el análisis de la ITC como el de los errores humanos devienen herramientas de ingeniería de *software*.

II. MÉTODOS

El trabajo de análisis y planificación de la secuencia de actividades y pausas de trabajadores físicos se descompuso en 10 etapas:

1. Obtención de datos básicos del trabajador.
2. Organización y ejecución de experimentos para determinar la capacidad de trabajo físico del trabajador.
3. Cálculos para obtener la capacidad de trabajo físico a partir de los resultados del experimento, expresada en litros de oxígeno por minuto.
4. Cálculo de la curva inicial de límite del gasto energético acumulado del trabajador ($LGEa_0$) en función del tiempo transcurrido desde el inicio de la jornada laboral.
5. Análisis de tareas: contenido de las actividades que componen la tarea del trabajador.
6. Determinación de la secuencia y duración de cada actividad.
7. Determinación del gasto energético por minuto que representa para el trabajador cada actividad (GE_i ; $i = 1, \dots, n$).
8. Calcular la curva de cargas acumuladas, según la secuencia y duración de las tareas (GEa).
9. Cálculo de las curvas de límite de gasto energético acumulado a partir de cada inicio de tarea ($LGEa_i > 0$).
10. Análisis gráfico, interpretación. Propuesta de modificaciones, si se requiere.

Las etapas tienen que ser definidas con precisión en correspondencia con el algoritmo usado en el *software*, evitando ambigüedades que conduzcan a que se considere errónea una acción en que existan dudas de en cuál etapa debe considerarse.

Se les indicó a 7 ingenieros experimentados, agrupados en dos equipos, que aplicaran este análisis y planificación de tareas en dos talleres diferentes. Posteriormente se capacitó a otras 7 personas sin experiencia, y se les dio un encargo similar.

Se aplicaron dos herramientas de ergonomía cognitiva: una herramienta multidimensional y una taxonomía de errores humanos. La herramienta multidimensional evalúa la intensidad de trabajo de conocimiento en cada etapa del trabajo. La taxonomía de errores humanos de emplea para la identificación, análisis y propuesta de mitigación de los errores cometidos en cada etapa. La primera herramienta fue aplicada por los propios participantes, y la segunda, por el equipo de diseño.

Para la evaluación de la intensidad de trabajo de conocimiento se utilizó una modificación de la herramienta de Ramírez, desarrollada por Rodríguez, Casares y Viña [9]. La modificación ofrece esencialmente dos cambios: replanteamiento y redefinición de las dimensiones, llevándolas a 6, y definición de las métricas de cada dimensión, para favorecer la reproducibilidad de la evaluación. Las 6 dimensiones resultantes son autonomía, calificación (mínima) requerida, innovación requerida, intensidad de la información, interdependencias y variabilidad.

La taxonomía de errores humanos utilizada fue la de HFACS (*Human Factors and Classification System*), que clasifica los fallos activos en errores y violaciones, según el esquema que se muestra en la Figura 1 [12]. Todos los fallos activos constituyen desviaciones respecto al comportamiento

correcto, diferenciándose en que mientras los errores se producen por desviaciones involuntarias, las violaciones son desviaciones conscientes, pero sin mala intención. Los fallos activos en ocasiones responden a una intención de mejorar el resultado. Si la violación es malintencionada, será un fraude, o un sabotaje; pero no será un fallo activo si logra su objetivo fraudulento o destructivo.

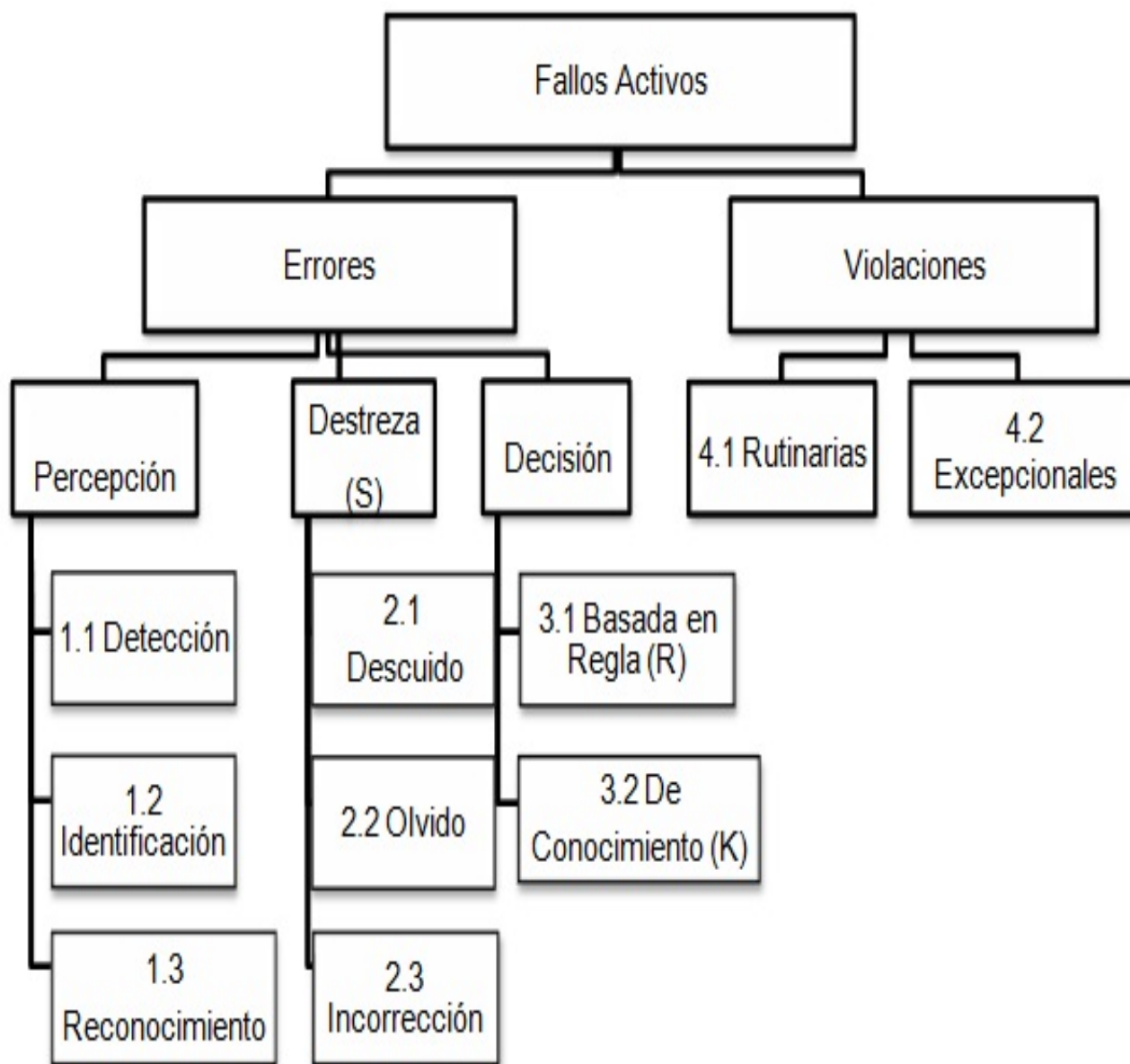


Figura 1. Clasificación de fallos activos

Los errores se calificaron según los criterios que se expresan en la Tabla 1. Fueron objeto de análisis y propuestas de mitigación aquellos errores que podían invalidar las conclusiones de todo el trabajo, y no se le dio seguimiento a aquellos que únicamente podían ocasionar desviaciones pequeñas.

DISEÑO DE AYUDAS AL TRABAJADOR DEL CONOCIMIENTO

Tabla 1. Gravedad del fallo activo

Nivel de Gravedad	Código
Invalida resultado (Serio)	II
Puede invalidar (Moderado)	III
Disminuye utilidad (Menor)	IV
Insignificante	V

Para el diseño de las propuestas de mitigación se tuvieron en cuenta:

- los lineamientos de Kletz y los de los de Konz [13,14] los resultados de la evaluación de la intensidad de trabajo de conocimiento para cada etapa
- las características de las ayudas que estuvieron disponibles para la ejecución de cada una de ellas y las experiencias previas del ejecutante.

Al aplicar los lineamientos de Kletz o de Konz se tuvo en cuenta que ninguno de los dos adopta la clasificación de HFACS. Por ejemplo, Kletz no trata diferenciadamente los errores de percepción, como se hace en HFACS, sino que los trata como errores por descuido u olvido, aunque al analizar las causas de los descuidos y olvidos. Kletz resalta la necesidad de la revisión de la detectabilidad de las señales, que pudiera considerarse causante de un error de percepción. Otra cuestión es que los análisis y soluciones de Kletz están orientados principalmente al *hardware* (ambiente físico), y los de Konz, al *software* (ambiente informacional).

II. RESULTADOS

3.1 Validación teórica del modelo propuesto

1. La etapa 1 no pudo ser objeto de análisis porque no se previó una vía segura de detección de errores.
2. La diferencia de requerimientos entre los dos primeros grupos y los segundos, refleja claramente la necesidad de obtener un *software* que brinde apoyos diferenciados. La experiencia general de trabajo es relevante. En todos los grupos hubo errores asociados a las etapas 4 y la 9 (obtención de la curva de gasto energético acumulado inicial y cálculo de las curvas de límite de gasto energético acumulado a partir de cada inicio de tarea, respectivamente). En el resto de las etapas, los grupos más experimentados solamente incurrieron en errores insignificantes; mientras que los grupos menos experimentados incurrieron, además, en al menos un error menor. Por tanto, es necesario concebir ayudas que le brinden mayor guía para que le sirvan de entrenamiento, para que el *software* pueda ser usado, con efectividad, por profesionales que recién se incorporan al trabajo.
3. La correspondencia entre los errores cometidos y la subvaloración del usuario por la complejidad de la etapa. Se esperaba que a mayor Intensidad de Trabajo de Conocimiento (ITC), fuera mayor el número de errores; sin embargo, esa correspondencia no se observa. Entre personas con experiencia en su actividad de trabajo, el procedimiento de estimación de la intensidad de trabajo del conocimiento, ha dado resultados notablemente homogéneos. Pero entre personas con poca experiencia, la variabilidad es muy alta para una misma tarea, con tendencia a que coincida que el ejecutante subvalore las demandas de la tarea y que cometa errores. Esta inconsistencia en la valoración de la ITC se aprecia en la figura 2.

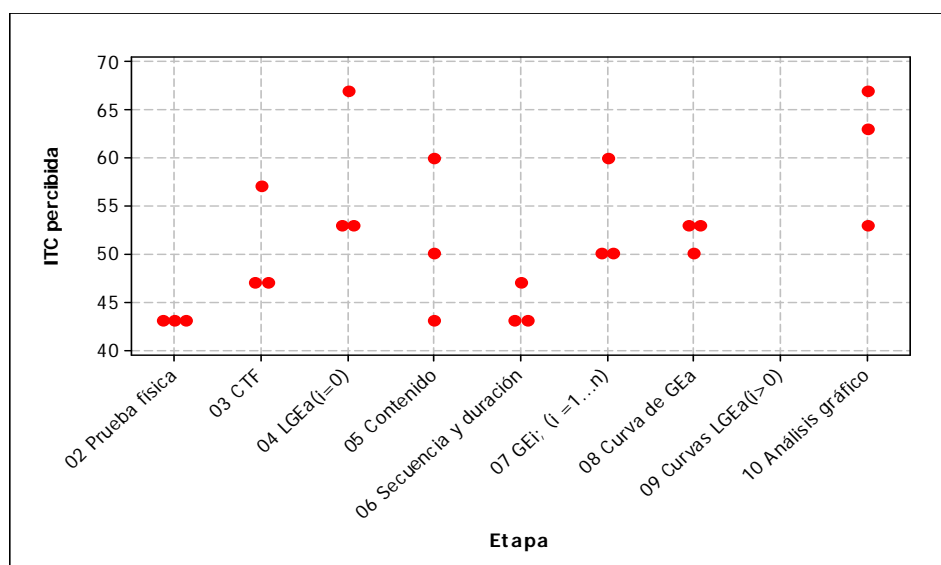


Figura 2. Percepciones de la intensidad de trabajo de conocimiento de las distintas etapas

- Se identificaron las tareas que requerían mayor apoyo cognoscitivo, por la gravedad de los errores que podrían producirse, así como la naturaleza de esos apoyos, de acuerdo con los tipos de errores. La figura 3 resume estos resultados.

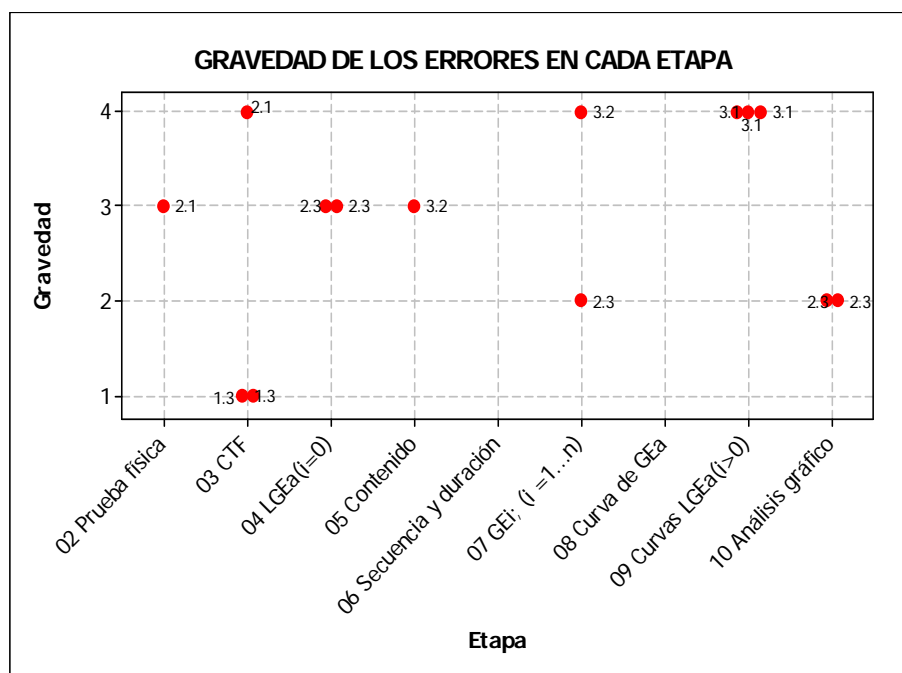


Figura 3. Tipos de errores y su gravedad por etapa

DISEÑO DE AYUDAS AL TRABAJADOR DEL CONOCIMIENTO

IV. DISCUSIÓN

A partir del tercer resultado se evidenció que aún cuando en algunos de los experimentos para el diseño se utilicen usuarios inexpertos, en todos los casos la ITC debe ser estimada por personal con experiencia. La inconsistencia en la valoración de la ITC según la pericia del personal que la evalúe se aprecia en la Ilustración 2, y ha sido ratificada y estudiada en investigaciones posteriores.

Tal como se esperaba, en las etapas 4 y 9 fue, en general, cuando se presentaron más errores y de mayor gravedad. Estas etapas, aunque trabajosas y complicadas, responden a reglas totalmente estructuradas y dependientes de las etapas anteriores. Por lo tanto pueden ser totalmente automatizadas y con ello, eliminar la posibilidad de errores.

Se observaron errores importantes en las etapas 7 y 3, que son menos estructurados y demandan mayor análisis integral de la situación. En estos casos la ayuda deberá consistir en: preguntas adicionales, seguidas de recomendaciones, y en ejemplos que puedan servir de comparación con los resultados obtenidos, dando la oportunidad de acelerar el desarrollo de pericia.

Con menor frecuencia, ocurrieron errores moderados en las etapas 2 y 5. Estos errores ocurrieron en casos en que no solo los participantes fueron inexpertos, sino que, a diferencia de otros usuarios, se desarrollaron en un entorno de menor nivel de conocimiento de Ergonomía. Corresponderían ayudas en forma de recomendaciones, aunque es un elemento de prioridad menor.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, las ayudas se seleccionaron siguiendo los lineamientos, según la gravedad y el tipo de errores cometido en cada etapa.

V. CONCLUSIONES

1. En la aplicación del método se requiere que la delimitación de las etapas permita diferenciar claramente sus contenidos, como requisito para identificar la naturaleza de la ayuda necesaria.
2. La intensidad de trabajo de conocimiento debe hacerse por los miembros del equipo de diseño que conozcan mejor el contenido de las etapas.
3. El equipo de diseño debe construir una tipología de errores propia del problema para que puedan ser comparables.
4. Las ayudas deben tener la propiedad de disminuir los riesgos mayores, y disminuir el valor de algunas de las variables componentes de la ITC.
5. Pruebas similares deben hacerse a partir del software, ya en la etapa de explotación del mismo, para guiar su mejoramiento continuo. 🏠

VI. REFERENCIAS

1. Rodríguez Abril O, et al. TraDes, Solución informática para preservar la salud y el bienestar físico del trabajador. In: Informática 2013; La Habana: 2013.
2. Drucker P. Knowledge-Worker Productivity: The Biggest Challenge. California Management Review. 1999;41(2). ISSN 2164-3970.
3. North K. Knowledge-Worker Productivity –Peter Drucker revisited. Wiesbaden Business School. 1999
4. Ramírez YW, Nemhard DA. Measuring knowledge worker productivity: A taxonomy. Journal of Intellectual Capital. 2004;5(4):60-628. ISSN 1469-1930.
5. Rodríguez Hernández A. Diseño de sistemas para las aplicaciones estadísticas en Ingeniería Industrial [Doctorado]. La Habana: ISPJAE; 1996.
6. Rodríguez Ruiz Y, et al. ERIN: un método práctico de evaluación de riesgo de desórdenes músculo-esqueléticos de origen ocupacional In: Anais do XVI congresso brasileiro de ergonomia; Rio de Janeiro: 2010.
7. Casares Li R, et al. Error humano y calidad. In: 7mo Simposio Internacional Calidad; La Habana: Instituto Nacional de Normalización; 2010.
8. Viña Brito S, et al. Human error modelling for pharmaceutical processes. In: 8th International Conference on Occupational Risk Prevention ORP2010; Valencia, España: 2010.
10. [Citado 20/09/14] Disponible en: http://www.prevencionintegral.com/Articulos/Secun.asp?PAGINA=_ORP2010/1857-en.pdf.

9. Rodríguez Hernández A, et al. La evaluación de la intensidad de trabajo de conocimiento en la ingeniería industrial. In: Memorias del VII Simposio de Ingeniería Industrial y Afines; La Habana, Cuba: ISPJAE; 2012.
10. Viller SA. Human Factors in Requirements Engineering a method for improving requirements processes for the development of dependable systems [tesis de doctorado]. Lancaster: Lancaster University; 1999.
11. Lewis JR. Usability testing. En: Handbook of Human Factors and Ergonomics. 46. New Jersey: John Willey; 2012. p. 1267 - 312. ISBN 978-0-470-52838-9.
12. Wiegmann DA, Shappell SA. A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System. Surrey, United Kingdom: Ashgate Publishing; 2003. ISBN 9780754618751
13. Kletz T. An Engineer´s View of human error. Nottingham: Loughborough University; 2001.
14. Konz SA, Johnson S. Error Reduction. En: Work Design: Occupational Ergonomics. Arizona, USA: Holcomb Hathaway Inc 2004. p. 353-73. ISBN 1-890871-48-6.