

INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA

José Cobián Roa (Comisión de Terminología de la SNE)*

INTRODUCCIÓN

La interfaz hombre máquina es una faceta de la actividad productiva que se configura con la debida consideración de los criterios de ergonomía.

La **Ergonomía** es una disciplina técnico-científica surgida hacia la mitad del siglo veinte dentro del ámbito militar de los países más desarrollados, propiciada principalmente por las circunstancias bélicas de la segunda guerra mundial. De allí ha pasado a los ámbitos del trabajo en general, de la industria en particular, y del producto acabado desde la perspectiva del usuario. La ergonomía ha evolucionado desde sus comienzos para responder a la complejidad creciente de la interacción entre las máquinas del sistema productivo y el hombre que las maneja.

En los apartados siguientes se analizan, definen y proponen para su inclusión en el Glosario de la Sociedad Nuclear Española los términos de más frecuente utilización relativos a la ergonomía en general, a las ciencias en las que ésta se apoya, y a los que han surgido con el desarrollo de nuevas tecnologías, en particular la nuclear. Finalmente se in-

cluyen sus equivalentes en inglés y francés.

TÉRMINOS MAS UTILIZADOS POR LA ERGONOMÍA

Ergonomía (del griego *ἔργον*, obra, trabajo, y *νόμος*, ley, norma, conjunto de leyes o normas del trabajo) está definida en el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE) como:

“el estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina” [1].

La International Ergonomics Association (IEA), la define como:

“...scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data, and methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance” [2],

definición transpuesta literalmente por la International Standardization Organization (ISO) en la norma ISO 6385 [3] y por el European Com-

(*) Nota editada con la colaboración de Tecnatom

mittee for Standardization en la norma EN-614-1 [4].

En España, está transpuesta al español por la Asociación Española de Ergonomía (AEE) en su página WEB como:

"...conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar" [5],

y por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) en la norma UNE-EN-614-1+A1 como:

"...disciplina científica que trata de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, así como la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos al diseño con objeto de optimizar el bienestar del ser humano y el resultado global del sistema" [4].

Con frecuencia se hace referencia al carácter multidisciplinar de la ergonomía. Es frecuente también observar el calificativo de ingeniería que se la confiere. Se propone la siguiente definición que se inspira en las definiciones anteriores matizando estos dos aspectos:

ERGONOMÍA. CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS FACTORES HUMANOS, MULTIDISCIPLINAR, CENTRADA EN EL SISTEMA HOMBRE MÁQUINA, CUYO OBJETIVO ES LA ADAPTACIÓN DEL AMBIENTE O CONDICIONES DEL TRABAJO A LAS PERSONAS CON EL FIN DE CONSEGUIR LA MEJOR ARMONÍA ENTRE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DE CONFORT Y LA EFICACIA PRODUCTIVA DEL SISTEMA.

Se describen a continuación las disciplinas en las que se apoya la ergonomía, referidas más frecuentemente en los documentos técnicos:

La **Antropometría**, vocablo tomado del griego (*ανθρωπο*, hombre y *μετρία*, medida), se ha desarrollado paralelamente a la ergonomía.



Análisis de factores humanos. Maqueta virtual de una sala de control de una central nuclear

Existe una gran concurrencia en las definiciones que de ella se dan. El diccionario Webster la define como: "...the study of human body measurements especially on a comparative basis" [6]. El diccionario Oxford como: "...the scientific study of the measurements and proportions of the human body" [7]. El diccionario DRAE como: "...tratado de las proporciones y medidas del cuerpo humano" [1].

Actualmente, se la considera una disciplina fundamental en el ámbito laboral, por su relación con la seguridad y con la ergonomía. La antropometría permite crear un entorno de trabajo adecuado a través del diseño de los equipos, su distribución, la configuración de las características geométricas del puesto, el diseño del mobiliario, el de las herramientas manuales, el diseño de la interfaz hombre máquina, y el de los equipos de protección individual.

Se propone la siguiente definición, que conserva lo fundamental de las dadas en los diccionarios mencionados:

ANTROPOMETRÍA. REFERIDA AL ÁMBITO DE LA INDUSTRIA Y AL LABORAL EN GENERAL, DISCIPLINA TÉCNICA QUE ESTUDIA LAS MEDIDAS Y PROPORCIONES DEL CUERPO HUMANO PARA PERMITIR CONFIGURAR LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL PUESTO DE TRABAJO Y DISEÑAR ADECUADAMENTE LOS EQUIPOS DE TRABAJO Y DE PROTECCIÓN, EL MOBILIARIO, LAS HERRAMIENTAS, Y LOS PARÁMETROS DE LA INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA.

La **Biomecánica** (del francés *bio*, vida y *mécanique*, mecánico) estudia el movimiento del cuerpo humano y los efectos en él de las cargas a las que está sometido. El DRAE la define como:

"...ciencia que estudia la aplicación de las leyes de la mecánica a las estructuras y los órganos de los seres vivos" [1].

La biomecánica tiene proyección en multiplicidad de campos. Desde el punto de vista del glosario el lema de interés es el de *biomecánica ocupacional*. American National Standards Institute (ANSI) ha desarrollado ampliamente el contenido técnico de este lema, trabajo que ha plasmado en la norma ANSI Z365. Aunque esta norma no ha recibido aún la aprobación del National Safety Council de los Estados Unidos por motivos ajenos a la técnica, ha sido, sin embargo, utilizada como referente por algunos sectores de la industria. Workrite Ergonomics LLC inspirándose en esta norma propone la siguiente definición de biomecánica: "... the study of the effects of internal and external forces on the human body in movement and at rest" [8].

En España el lema de la *biomecánica ocupacional* pertenece a la jerga técnica de las empresas de servicios de seguridad laboral por su relación con el mundo del trabajo. Para Mapfre, está orientada a reducir y paliar en lo posible la ingente cantidad de dolencias y lesiones derivadas de las malas posturas de trabajo, los sobreesfuerzos y los microtraumatismos repetitivos.

Se propone la siguiente definición:

BIOMECÁNICA OCUPACIONAL. *ÁREA DE LA ERGONOMÍA QUE ESTUDIA EL CUERPO HUMANO Y SUS INTERACCIONES DE TIPO MECÁNICO Y BIOLÓGICO CON LOS ELEMENTOS DEL PUESTO DE TRABAJO, CON EL FIN DE RESOLVER DISCAPACIDADES, DISEÑAR TAREAS Y ACTIVIDADES QUE LA MAYORÍA DE LAS PERSONAS PUEDA REALIZAR SIN RIESGO DE SUFRIR DAÑOS Y LESIONES MÚSCULO-ESQUELÉTICAS, Y DE OBTENER UN RENDIMIENTO PRODUCTIVO MÁXIMO*

La **Ergonomía ambiental** (del latín *ambiens*, que rodea o cerca) está dirigida al estudio de las condiciones físicas del entorno del sistema formado por la persona y el equipo de trabajo y por la influencia en los aspectos relacionados con la seguridad, la eficiencia y la confortabilidad. La *ergonomía ambiental* trata,

en definitiva, de aquellos aspectos del ambiente físico que descarta la *higiene industrial*, por no suponer un riesgo de enfermedad profesional, pero que si pueden llegar a afectar al nivel de confort en el trabajo y la efectividad con la que este debe realizarse. Referencias habituales para este vocablo son: "Environmental ergonomics" [9] de Elsevier Research Intelligence y "La Ergonomía ambiental" [10] del Instituto Europeo de Estudios Empresariales (INESEM).

Se propone la siguiente definición:

ERGONOMÍA AMBIENTAL. *REFERIDA AL ÁMBITO DEL TRABAJO, DISCIPLINA O RAMA DE LA ERGONOMÍA QUE ESTUDIA LAS CONDICIONES FÍSICAS DEL ENTORNO DE TRABAJO Y SU INFLUENCIA EN LA CONFORTABILIDAD Y SEGURIDAD DEL TRABAJADOR, Y EN LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA*



Análisis de factores humanos. Maqueta física de un panel de sala de control de una central nuclear

La **Ergonomía cognitiva** (del latín *cognitio*, acción y efecto de conocer) estudia la influencia de los procesos mentales en la interfaz hombre máquina. La IEA la define así: "*Cognitive ergonomics is concerned with mental processes, such as perception, memory, reasoning, and motor response, as they affect interactions among humans and other elements of a system*" [2].

En el diseño de las salas de control de las centrales nucleares, los elementos de actuación de los sistemas y su disposición sobre el panel de control, el trazado de líneas de flujo uniendo dichos elementos, la selección y disposición de avisos de alarmas, particularmente de seguridad, la selección de colores según su importancia, y la presentación de información por el ordenador son aspectos fundamentales de ergonomía cognitiva y de diseño que reducen la probabilidad de errores humanos de los operadores.

La anterior definición, ampliamente aceptada, es la que se propone:

ERGONOMÍA COGNITIVA. REFERIDA AL ÁMBITO DE TRABAJO, DISCIPLINA QUE ESTUDIA LOS PROCESOS MENTALES TALES COMO LA PERCEPCIÓN, MEMORIA, RAZONAMIENTO Y LA RESPUESTA MOTORA, Y COMO SON AFECTADOS POR EL DISEÑO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA Y LAS INTERACCIONES ENTRE LOS SERES HUMANOS

La **Ergonomía de diseño** está dirigida al estudio e incorporación de criterios ergonómicos en el diseño, incluyendo equipos, sistemas y es-

pacios. El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo recoge en sus normas técnicas significados de este término tratados en las normas ISO para un amplio espectro de aplicaciones. La ISO 6385 [3] define los principios del diseño ergonómico. A partir de estas referencias se propone:

ERGONOMÍA DE DISEÑO. REFERIDA AL ÁMBITO DE LA INDUSTRIA Y AL DEL TRABAJO EN GENERAL, DISCIPLINA QUE EVALÚA LOS EQUIPOS, SISTEMAS Y ESPACIOS DE TRABAJO UTILIZANDO CONCEPTOS Y DATOS OBTENIDOS EN MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS, EVALUACIONES BIOMECÁNICAS, Y CARACTERÍSTICAS SOCIOLÓGICAS Y COSTUMBRES DE LA POBLACIÓN A LA QUE ESTÁ DIRIGIDO EL DISEÑO.

La **Ergonomía de necesidades específicas** estudia los requisitos debidos a las personas con discapacidades y a niños. Este lema responde al creciente interés social que se manifiesta desde hace un par de décadas. La Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo de la OIT [11] dentro de un amplio espectro de temas, aborda el de la ergonomía de necesidades específicas. La Ley de prevención de riesgos laborales, en el artículo 2.5 transpone normativa comunitaria específica a este respecto:

"El empresario garantizará de manera específica la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean espe-

cialmente sensibles a los riesgos derivados del trabajo” [12].

Basándose en esta referencia se propone:

ERGONOMÍA DE NECESIDADES ESPECÍFICAS. REFERIDA AL ÁMBITO DEL TRABAJO, DISCIPLINA QUE ESTUDIA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE EQUIPOS PARA PERSONAS QUE PRESENTAN ALGUNA DISCAPACIDAD FÍSICA, PARA LA POBLACIÓN INFANTIL Y ESCOLAR, Y PARA EL DISEÑO DE MICROAMBIENTES AUTÓNOMOS, COMO TRAJES ESPACIALES, CABINAS DE COHETES Y TRAJES DE GUERRA, Y TRAJES Y EQUIPO ESPECIAL PARA BOMBEROS, ENTRE OTROS.

La norma ISO 6385 [3] define los términos **ergonomía preventiva** y **ergonomía correctiva**. Estos vocablos son utilizados ampliamente tanto por el mundo laboral en general y por el mundo industrial en particular, como por compañías de prevención de riesgos laborales. La ergonomía correctiva que se trata conjuntamente con la preventiva, está orientada a la retroalimentación de criterios ergonómicos en los diseños, y se encuentra referenciada y evaluada en los mismos documentos que ésta.

La *ergonomía preventiva* utiliza conocimientos de las disciplinas preventivas del mundo laboral, como seguridad e higiene industrial, y biomecánica para estudiar y analizar las condiciones de seguridad, salud, y confort del mundo del trabajo y realizar el diseño de los nuevos puestos de trabajo.

La *ergonomía correctiva* se refiere al ámbito del trabajo y es la evaluación realizada en productos y lugares del trabajo ya existentes para identificar faltas de cumplimiento de criterios ergonómicos y las modificaciones necesarias para su corrección.

TÉRMINOS DE APLICACIÓN MÁS ESPECÍFICA AL CAMPO NUCLEAR

Los accidentes de TMI, Chernobil, y Fukushima han promovido nuevas reevaluaciones del factor humano, tecnologías de proceso, representación visual de datos, automatización y acoplamiento entre el hombre y la máquina. Los siguientes términos ingleses ampliamente utilizados: *man machine interface, user interface, human machine interface, man-machine system, human centered design, human factors, human factors engineering, usability*, han sido traducidos al español, en ocasiones en más de una manera. Se proponen aquí los términos españoles más adecuados y sus definiciones.

Interfaz (del inglés *interface*) está definida en la edición 23 del DRAE como: “1. *Conexión o frontera común entre dos aparatos o sistemas independientes; 2. Conexión, física o lógica entre un computador y el usuario, un dispositivo periférico o un enlace de comunicaciones*” [1]. La ISO 9241-110 [13] define la interfaz hombre máquina. En el campo nuclear, la NRC en NUREG-0700 desarrolla las guías para la revisión del diseño de la interfaz hombre máquina [14]. La ‘*interfaz hombre máquina*’ o ‘*interfaz de usuario*’ es el medio con el que el

usuario interactúa con la máquina. Se propone una definición basada en ISO 9241-110.

INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA. PARTE DE UN SISTEMA INTERACTIVO (SOFTWARE Y HARDWARE) QUE PROPORCIONA LA INFORMACIÓN Y PERMITE EL CONTROL NECESARIOS PARA QUE EL USUARIO LLEVE A CABO UNA TAREA DE DICHO SISTEMA. SIGLA IHM.

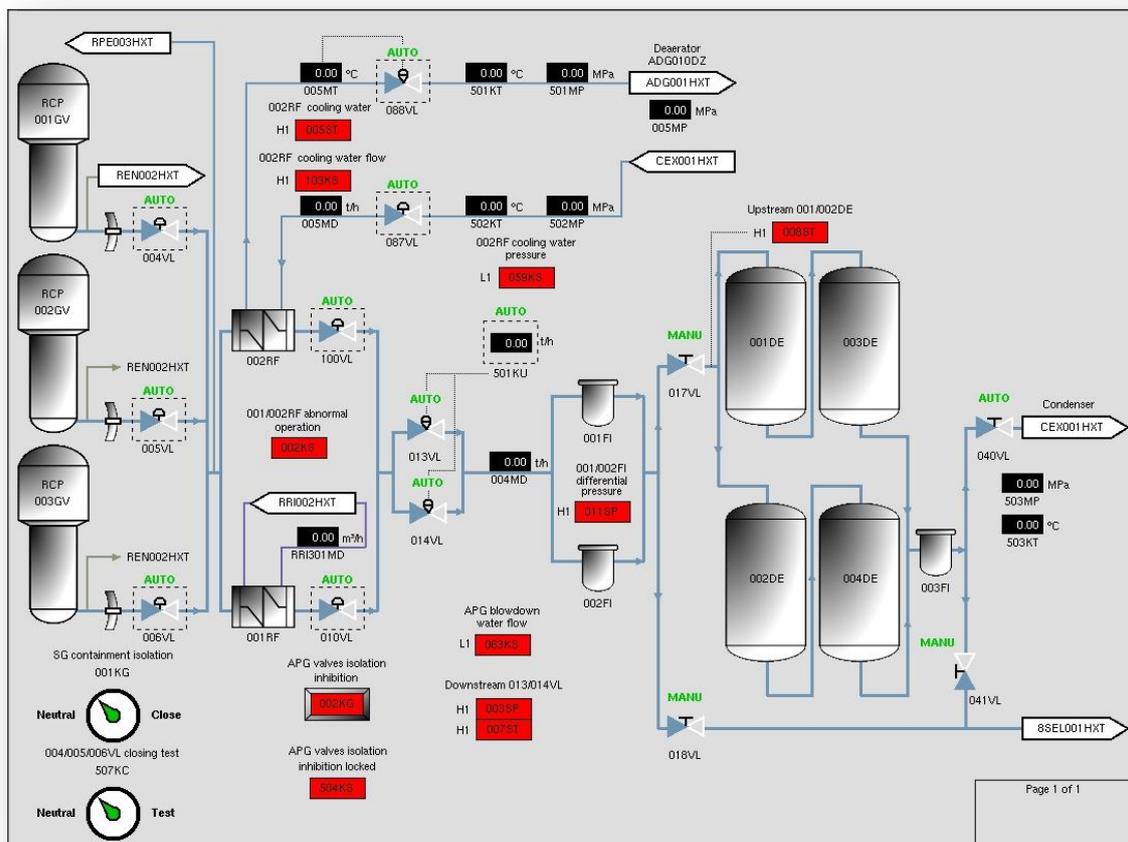
"a system consisting of a human operator or a group of operators and a machine by means of which the operator performs a task such as the production of material goods, the management of some type of operation, or the processing of information" [15].

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) define sistema hombre máquina en su Nota Técnica de Prevención (NTP) 226 como:

INTERFAZ DE USUARIO. SINÓNIMO DE INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA.

"combinación de uno o más seres humanos y uno o más componentes físicos, que actúan recíprocamente para efectuar a partir de unas entradas de energía e información, una producción deseada" [16].

Sistema hombre máquina. McGraw-Hill, en su diccionario de términos científicos y técnicos define el término "man-machine system" como:



De acuerdo a estas definiciones, se propone la siguiente:

SISTEMA HOMBRE MÁQUINA. SISTEMA EN EL QUE LAS FUNCIONES DE UN OPERADOR HUMANO (O GRUPO DE OPERADORES) Y DE UNA MÁQUINA ESTÁN INTEGRADAS COMO UNA SOLA ENTIDAD, CONTROLADA POR EL OPERADOR (O GRUPO DE OPERADORES), QUE INTERACCIONA CON EL ENTORNO

El **diseño centrado en el usuario** se caracteriza siguiendo a las normas ISO 9241-210 [17], e ISO 13407 [18] por la participación activa de los usuarios y el entendimiento claro de los requisitos de la tarea, por la adecuada distribución de funciones entre el usuario y la tecnología, por las interacciones en el desarrollo de soluciones de diseño, así como por la naturaleza multidisciplinar del diseño. Se propone la siguiente definición:

DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO. ACTIVIDAD MULTIDISCIPLINAR QUE INCORPORA EL CONOCIMIENTO Y LAS TÉCNICAS DE LOS FACTORES HUMANOS CON EL OBJETIVO DE MEJORAR LAS CONDICIONES HUMANAS DEL TRABAJO, APLICAR MEDIDAS FRENTE A LOS EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD Y MEJORAR LA SEGURIDAD, LA EFICACIA Y LA PRODUCTIVIDAD. SIGLA DCU. SIGLA INGLESA UCD. (USER CENTERED DESIGN).

Existen multiplicidad de definiciones del término **Factores Humanos**. En los Estados Unidos las más significativas provienen de Sociedades profesionales, de Agencias estatales, y de la Industria. En particular,

la NRC en NUREG 0711 hace la siguiente definición del término:

" *Human factors. A body of scientific facts about human characteristics. The term covers all biomedical, psychological, and psycho-social considerations; it includes but is not limited to, principles and applications in human factors engineering, personnel selection, job design, training, job performance aids, and human performance evaluation...*"

En España tiene interés la definición dada por la industria aeronáutica [19]. La definición que se propone a continuación se inspira en todas estas fuentes, y busca a la vez el ser general y completa.

FACTORES HUMANOS. CONJUNTO DE CONOCIMIENTOS MULTIDISCIPLINARES QUE ESTUDIAN LAS CARACTERÍSTICAS, NECESIDADES, CAPACIDADES, Y HABILIDADES DE LOS SERES HUMANOS, Y ANALIZA AQUELLOS ASPECTOS QUE AFECTAN AL DISEÑO DE PRODUCTOS O DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y A LA UTILIZACIÓN Y GESTIÓN SEGURA Y EFICIENTE DE TALES PRODUCTOS O PROCESOS.

En el ámbito de la energía nuclear, se utiliza el término **Ingeniería de Factores Humanos** para referirse a la ergonomía aplicada a este ámbito. Este es un uso que sigue la siguiente descripción dada por NUREG 0711 rev.3:

"*The application of knowledge about human capabilities and limitations to designing the plant, its systems and equipment. HFE affords reasonable assurance that the design of the plants, systems,*

equipment, human tasks, and the work environment are compatible with sensory, perceptual, cognitive, and physical attributes of the personnel who operate, maintain, and support the plant or other facility" [19].

Inspirada en ésta definición está la que proponemos a continuación:

INGENIERÍA DE LOS FACTORES HUMANOS. REFERIDA AL ÁMBITO DE LA INDUSTRIA NUCLEAR, APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO Y LIMITACIONES HUMANAS AL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN NUCLEAR, DE SUS SISTEMAS, DE SUS EQUIPOS, DE LAS TAREAS HUMANAS INVOLUCRADAS Y DEL ENTORNO DEL TRABAJO, PARA PROPORCIONAR UNA SEGURIDAD RAZONABLE DE SU COMPATIBILIDAD CON LOS ATRIBUTOS SENSORIALES, PERCEPTIVOS, COGNITIVOS Y FÍSICOS DE LAS PERSONAS QUE OPERAN Y MANTIENEN LA INSTALACIÓN

Finalmente, la definición dada en la ISO 13407 para el término **usabilidad** es el que se propone:

USABILIDAD. MEDIDA EN LA QUE UN PRODUCTO PUEDE SER UTILIZADO POR USUARIOS ESPECÍFICOS PARA LA CONSECUCCIÓN DE OBJETIVOS ESPECIFICADOS EN UN CONTEXTO DE USO DETERMINADO, CON EFICACIA, EFICIENCIA Y SATISFACCIÓN PERSONAL.

EQUIVALENTES TERMINOLÓGICOS EN ESPAÑOL, INGLÉS Y FRANCÉS

Ergonomía

Ing. ergonomics
Fr. ergonomie

Antropometría

Ing. anthropometry
Fr. anthropométrie

Biomecánica

Ing. biomechanics
Fr. biomécanique

Biomecánica ocupacional

Ing. occupational biomechanics
Fr. biomécanique occupationnelle

Ergonomía ambiental

Ing. environmental ergonomics
Fr. ergonomie d'ambiance

Ergonomía cognitiva

Ing. cognitive ergonomics
Fr. ergonomie cognitive

Ergonomía de diseño

Ing. design ergonomics
Fr. ergonomie de conception

Ergonomía de necesidades específicas

Ing. specific needs ergonomics
Fr. ergonomie de besoins spécifiques

Interfaz hombre máquina

Ing. man-machine interface
Fr. interface homme-machine

Sistema hombre máquina

Ing. man-machine system
Fr. système homme-machine

Diseño centrado en el usuario

Ing. human centered design, user centered design
Fr. conception centrée sur l'opérateur humain

Interfaz de usuario

Ing. user interface
Fr. interface utilisateur

Factores humanos

Ing. human factors

Fr. facteurs humains

Ingeniería de factores humanos

Ing. human factors engineering

Fr. ingénierie des facteurs humains

Usabilidad

Ing. usability

Fr. facilité d'utilisation; utilisabilité

REFERENCIAS

- [1] *Diccionario de la lengua española*, REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE), 23ª edición, Madrid, 2014.
- [2] International Ergonomics Association (IEA), pág. web www.iea.cc/, Zurich.
- [3] *Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo*, UNE-EN ISO 6385, AENOR Madrid, 2004.
- [4] *Safety of machinery - Ergonomic design principles - Part 1: Terminology and general principles*, UNE-EN 614-1+A1, AENOR, Madrid, 2009.
- [5] Asociación Española de Ergonomía (AEE), pág. web www.ergonomos.es/, Gijón.
- [6] *Webster's Third New International Dictionary Unabridged*, Merriam-Webster, Springfield, Mass., 1991.
- [7] *Oxford English Dictionary*, Oxford University Press, Oxford, actualizado 2014.
- [8] *Ergonomic Glossary*, Workrite Ergonomics LLC, pág. web: workriteergo.com/company/, Chicago.
- [9] Y.Tochihara, "*Environmental Ergonomics -The Ergonomics of Human Comfort, Health, and Performance in the Thermal Environment*", 1st Edition, Elsevier Science, Atlanta, 2005.
- [10] F.Navarro, "*La Ergonomía Ambiental*", Instituto de Estudios Europeos (INESEM), Granada, 2013.
- [11] "*Encyclopaedia of Occupational Health and Safety fourth edition*", Organización Internacional del Trabajo (OIT), Ginebra, 1988.
- [12] *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales*, Estado Español, rev. 2013.
- [13] *Ergonomics of human-system interaction*, ISO 9241-110, International Standardization Organization, Ginebra, 2006.
- [14] *Human-System Interface Design Review Guidelines*, NUREG-0700 rev.2, Brookhaven National Laboratories, New York 2002.
- [15] *Diccionario de términos científicos y técnicos*, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [16] *Nota Técnica de Prevención (NTP) 226*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), pág. web www.insht.es/, Madrid.
- [17] *Ergonomics of human-system interaction-Part 210*, International Standardization Organization ISO 9241-210, Ginebra, 2010.
- [18] *Human-centered design processes for interactive systems*, ISO 13407, International Standardization Organization Ginebra, 2006.
- [19] *Human Factors Engineering. Program Review Model*, NUREG-0711rev.3, Brookhaven National Laboratory, New York 2012.