



Análisis neutrosófico de las perspectivas de los sistemas HMI como expresión de una nueva ergonomía

Jorge Juan Domínguez Menéndez¹ Fernando de Jesús Castro Sánchez² Jorge Ruperto Rodríguez López³

¹ Director Uniandes sede Babahoyo, Ecuador. E-mail: direccionbabahoyo@uniandes.edu.ec

² Analista de Investigación Uniandes Ambato, Ecuador. E-mail: ua.fernandocastro@uniandes.edu.ec

³ Docente, Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: ub.jorgerodriguez@uniandes.edu.ec

Resumen. La tecnología HMI utiliza sensores, robótica, software, sistemas wireless, aprendizaje M2M (machine to machine), u otras tecnologías para recopilar y analizar la información. Con el incremento de la automatización y al dotar a los procesos de inteligencia, la interacción humano-máquina tiende a disminuir en cantidad, ya que no es necesario monitorizar regularmente el proceso, sin embargo, cuando una máquina prediga o detecte una anomalía en el proceso que no sea capaz de solucionar, la intervención humana será imprescindible. Es por ello, que los sistemas HMI deben ser robustos, fiables y duraderos, especialmente cuando los trabajadores van a interactuar con estas tecnologías en entornos bajo incertidumbre, constituyendo ello una expresión de una nueva ergonomía. Por tal motivo, la presente investigación tiene como objetivo determinar las perspectivas y retos que establecen los sistemas HMI como expresión de una nueva ergonomía. Para el objetivo propuesto se utiliza la Neutrosofía la cual es útil para obtener una mayor interpretabilidad de las expresiones lingüísticas.

Palabras Claves: Sistemas HMI, perspectivas y retos, ergonomía, Neutrosofía, términos lingüísticos.

1 Introducción

La interacción entre humano y máquina (HMI “Human Machine Interface” en sus siglas en inglés) cobra vital importancia en la industria, y específicamente en el desarrollo tecnológico, acompañado por la socialización de las tecnologías, en la información y la comunicación, donde se hace necesario nuevas interfaces para los entornos de trabajo, que integran tecnologías de reconocimiento, y facilitan el desarrollo de actividades al mismo tiempo que se acelera la toma de decisiones, con el fin de mejorar la productividad y eficiencia de los recursos.

Un sistema HMI, es aquel formado por una o varias personas, una o varias máquinas que interactúan dentro de un contexto o ambiente para conseguir un resultado [1]; [2]. Se trata de un concepto que se viene definiendo desde 1958, en [4] se hizo referencia a este término, como un conjunto de elementos comprometidos en la consecución de uno o varios fines comunes ligados a una red de informaciones cuyo rendimiento depende no sólo de las características de sus elementos, sino, también, de sus interacciones e interrelaciones.

El sistema HMI es un modelo, y como tal, es una representación de una realidad. La primera definición de sistema hombre - máquina es relativamente reciente, sus primeras investigaciones surgen a mediados del siglo XX, la interacción del ser humano con máquinas, herramientas o artefactos, y la necesidad de equilibrio entre ambos y resto de elementos del sistema hombre - máquina existen desde el momento en que se creó la primera herramienta.

Este sistema fue concebido inicialmente en un contexto de análisis y estudio de puestos de trabajo, sin embargo, en la sociedad se han ido incorporando elementos tecnológicos, máquinas, con las que el hombre interactúa en su vida diaria en diferentes contextos (trabajo, ocio, tareas domésticas, etc.), por lo que el concepto de sistema hombre - máquina ha ido evolucionando necesariamente, ampliando su concepción a un sistema que tendrá como eje la relación entre el hombre y los elementos físicos y sociales del ambiente a través de artefactos, máquinas, útiles o instrumentos sin importar el contexto o ámbito del que se trate [2].

Este término HMI, hace referencia a un modelo de sociedad en el que la creación, almacenamiento, distribución y manejo de la información es la actividad social y económica más significativa [4]; [5]. Un ejemplo lo constituye la interfaz de usuario en los softwares, dicha interfaz es un elemento esencial en el diseño de productos de ingeniería de conocimiento.

Los elementos a considerar en el diseño de productos de ingeniería de conocimiento, no son simples de añadir, ellos van acompañados de aplicaciones informáticas, no sólo para dar soporte al intercambio de información, sino para realizar otras tareas más sofisticadas. La aparición de herramientas de comunicación mediadas por las computadoras como el correo electrónico, el Chat, la telefonía IP o la videoconferencia, la creación de las primeras

comunidades virtuales, así como Internet y con ella infinitas posibilidades, entre ellas las redes sociales, han propiciado este cambio, al flexibilizar las coordenadas espacio-tiempo en el acceso e intercambio de información y en la comunicación, donde se cambia radicalmente la cantidad y calidad de información gestionada (creada, almacenada, rescatada) [6]; [7]; [8]; [9].

En el contexto de la sociedad de la información, la sociedad del conocimiento, constituye una de las herramientas TIC fundamentales, garantizar su diseño en cuanto a la interacción persona computadora, es imprescindible, debido a la importancia que reviste en la forma en que las personas se comunican con las computadoras [10]; [11]; [12]. La interacción forma parte de un sistema compuesto por el usuario (sus características, experiencias, habilidades y necesidades), las computadoras (las aplicaciones y dispositivos de entrada y salida de datos), el ambiente en el que se realiza esta interacción (iluminación, temperatura, ruido, etc.) y el contexto de la tarea a realizar (dificultad y complejidad de la tarea y el ámbito en el que se encuentra: educativo, laboral, ocio, etc.).

Las condiciones para la interacción entre Hombre - Máquina se encuentran bajo el estándar internacional ISO 9241, de requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD), las normas UNE 139801:2003 y UNE 139802:2003, de requisitos de accesibilidad al ordenador para personas con discapacidad, y el RD 488/1997, de disposiciones mínimas de seguridad relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización, entre otros.

La HMI implica necesariamente un enfoque multidisciplinar, convirtiéndose en el punto de encuentro de varias ciencias y disciplinas relacionadas con el conocimiento o estudio de los diferentes elementos del sistema (sistema hombre-máquina): informática, psicología, biomecánica, sociología, antropología, diseño industrial, ergonomía y aquellas correspondientes al ámbito en el que esté ubicada la tarea (educación, salud, etc...). La interacción de las personas con las computadoras forma parte de un sistema en el que se deben tener en cuenta todos los elementos, con el fin de conseguir una interacción más eficiente, segura y satisfactoria.

El sistema HMI debe estar contextualizado en un entorno social determinado, y no de manera aislada. Con el avance de la tecnología y su integración en la vida de las personas la interacción diaria con las máquinas y otros artefactos es constante, independientemente del ámbito o contexto social en el que se encuentre el sujeto.

Basado en lo antes referido, se acude a la ergonomía para poder comprender el trabajo y contribuir al diseño y a las transformaciones de las situaciones de trabajo, desde una postura positiva sobre los dispositivos técnicos y los medios de trabajo, sobre los entornos de trabajo, sobre la organización y sobre las personas. El término Ergonomía proviene etimológicamente del griego *ergon*, trabajo o actividad, y *nomos*, normas o leyes naturales, lo que nos llevaría a entender de manera general la Ergonomía como la ciencia del trabajo, que aplica los conocimientos para diseñar o corregir condiciones de trabajo siguiendo las leyes naturales.

En la actualidad la ergonomía, es mucho más amplia, ella parte de un enfoque holístico y tiene objetivos ya no centrados en el trabajo, sino en todo el sistema hombre-máquina, con el objetivo de hacerlo más confortable, más fácil de usar, y mejorar la eficacia del sistema, como veremos al trabajar el concepto de Ergonomía [2]; [13]; [3]; [14]. La Ergonomía tiene como objetivo adaptar las tareas, y con ellas todos los elementos del sistema hombre-máquina, a la capacidad, necesidades y características de las personas, de tal manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar de estas como parte de dicho sistema.

Tal como ocurre con el sistema HMI, la ergonomía aparece a mediados del siglo XX, aunque su historia es mucho más larga. La Ergonomía es fruto de una evolución en la manera de entender la relación entre el ser humano y las máquinas o la tecnología que crea para su aprovechamiento, y que es paralela a la propia evolución tecnológica de la sociedad [13].

El enfoque ergonómico en el diseño y análisis de sistemas hombre-máquina en el que intervengan personas, se hace imprescindible, ya que el equilibrio del sistema proporcionará no solo confort y eficiencia, sino que repercutirá de manera importante en el desarrollo de las capacidades personales de los humanos y por tanto en su autonomía, su seguridad y su salud. Esto implica tener en cuenta una serie de factores, siendo uno de los más importantes la capacidad funcional del individuo, a partir de los cuales se puedan identificar las incompatibilidades entre la persona y el resto de elementos del sistema, y puedan ser así corregidas.

Como se puede deducir de las anteriores definiciones, la ergonomía estudia la gran variedad de problemas que se presentan en la adaptación del trabajo al hombre y del hombre al trabajo y el cómo aumentar su eficiencia y bienestar. La ergonomía es, pues, una ciencia que se aplica al diseño y buen uso de máquinas, equipos y sistemas, con el objeto de mejorar la seguridad, la salud, el confort y la eficiencia del trabajo en cualquier área.

La ergonomía tiene en cuenta al usuario, el artefacto, el entorno, y la forma como interactúan éstos entre sí. En este escenario juega un importante papel los aspectos psicológicos que se mezclan con las interacciones humana, incluida la interacción persona-máquina [15][1]. Los factores psicológicos pueden tener consecuencias trascendentes en el diseño de las diferentes interfaces que se realizan para la interacción Hombre - Máquina.

Los factores ergonómicos son importantes en la interacción Hombre - Máquina, para adoptar una perspectiva ergonómica, es necesario asumir el hecho de que una máquina no es solo un dispositivo técnico capaz de cumplir una tarea. Es necesario pensar que se trata de un instrumento o medio que tendrá que utilizar un usuario para alcanzar ciertos objetivos, mediante el desempeño del trabajo.

Por tal motivo, se requiere en el momento de realizar los diseños para la interacción Hombre - Máquina, tener

en consideración y valorar adecuadamente los factores humanos implicados en el uso de dichos productos [15]. Para ello es necesario considerar tres perspectivas:

- Perspectiva técnica
- Perspectiva del usuario
- Perspectiva de la tarea

La perspectiva técnica, hace referencia a las especificaciones que ha de cumplir en función de la tarea para la que se diseña. Estas especificaciones se refieren a los niveles físico, que es donde se encuentran las características materiales del objeto, al nivel interactivo, que se corresponde con las características operativas y de manipulación que podrán realizarse, a los niveles funcionales, que se corresponde con las características funcionales que vienen definidas por los productos o efectos que se desean alcanzar.

Por otra parte, la perspectiva de usuario hace referencia a las especificaciones del usuario, en esta perspectiva se encuentra el nivel físico que se corresponde con la conducta motora, las características materiales del objeto, el nivel interactivo que comprende la conducta cognitiva, características operativas y de manipulación que podrán realizarse, el nivel funcional que es donde se encuentra presente la motivación, las características funcionales que vienen definidas por los productos o efectos que se desean alcanzar, el nivel personal que es donde se manifiestan las diferencias individuales, peculiaridades que distinguen y caracterizan a cada individuo frente a los demás. La perspectiva de la tarea, es la que hace referencia al hecho de que la utilización adecuada del sistema con el que interactúa el hombre, no es un fin en sí mismo, sino un medio para llevar a cabo una tarea, cumpliendo ciertos objetivos.

Para evaluar desde el punto de vista ergonómico, la perspectiva a fortalecer para que los diseños de interacción Hombre – Máquina, no solo sean capaz de realizar determinadas funciones con eficiencia técnica, sino que permitan que se realicen trabajos de forma eficiente con menores costos humanos posibles, se hace uso de la Neutrosofía, y en particular de los modelos de recomendación que contribuyen a obtener una mayor interpretación de los datos cualitativos, existente sobre las perspectivas de los sistemas HMI como expresión de una nueva ergonomía. Los modelos de recomendación neutrosóficos y en particular los basados en conocimiento, realizan sugerencias sobre las preferencias necesarias para el objetivo propuesto, apoyados fundamentalmente en el razonamiento basado en casos [16 y 17][2].

2 Materiales y métodos

En la presente investigación se propone un modelo de recomendación basado en conocimiento utilizando el de números neutrosóficos de valor único, ellos favorecen la utilización de variables lingüísticas [18]. Este modelo de recomendación parte de las perspectivas a tener en cuenta para los diseños de interacción Hombre – Máquina. El modelo de recomendación a desarrollar permite representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números neutrosóficos de valor único [19]. Cada perspectiva a tener en cuenta se representa como a_i , estas perspectivas son descritas de acuerdo con sus características y ellas conformarán el perfil de análisis, el perfil se representa como se muestra en la ecuación 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \quad (1)$$

Para obtener la base de datos de las perspectivas a tener en cuenta para los diseños de interacción Hombre – Máquina, el perfil de los usuarios con cada una de sus características, es obtenido mediante números neutrosóficos de valor único [20, 21]. Donde; $A^* = (A1^*, A2^*, \dots, An^*)$ es un vector de números neutrosóficos de valores únicos definidos por la escala de términos lingüísticos de [20]. Estos vectores están compuesto por las perspectivas a tener en cuenta para los diseños de interacción Hombre – Máquina y las característica de cada perspectiva, tal que $A_j^* = (aj^*, bj^*, cj^*)$; $j = (1, 2, \dots, n)$ y $Bi = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ ($i = 1, 2, \dots, m$) con m vectores de n números neutrosóficos de valor único, tal que y $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ($i = 1, 2, \dots, m$), ($j = 1, 2, \dots, n$) entonces la distancia euclidiana es definida como el resultado de las Bi y A^* [20], la misma se calcula a través de la ecuación 2.

$$d_i = \left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \left\{ (|a_{ij} - a_j^*|)^2 + (|b_{ij} - b_j^*|)^2 + (|c_{ij} - c_j^*|)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$(i = 1, 2, \dots, m)$

A partir de esta distancia euclidiana se puede definir una medida de similitud [22]. Esta medida de similitud es valorada en la medida en que la alternativa A_i esté más cercana al perfil del usuario (si), mientras más cercana esté del perfil, mayor será la similitud, y ello permitirá establecer un orden entre alternativas [23]. Las valoraciones de las características de las perspectivas a tener en cuenta para los diseños de interacción Hombre – Máquina se

expresan utilizando la escala de términos lingüísticos [20], el conjunto de características de cada perspectiva es descrito a través de la ecuación 3 y de esa forma se guardan en la Base de Datos previamente creada para establecer las recomendaciones

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \quad (3)$$

3 Resultados

En la figura 1 se muestran los pasos a seguir para establecer las recomendaciones de las perspectivas a tener en cuenta para los diseños de interacción Hombre – Máquina, este modelo se basa en la propuesta realizada por [24 y 25][3] para sistemas de recomendación basados en conocimiento, dicha propuesta permite representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números neutrosóficos de valor único.

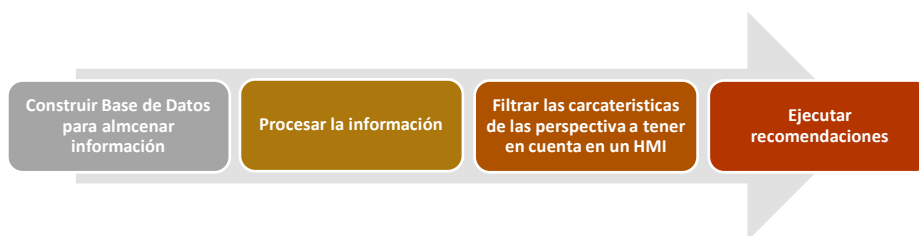


Figure 1: Fases del modelo de recomendación Neutrosófico.

Se crea la Base de Datos de las perspectivas a tener en cuenta para los diseños de interacción Hombre – Máquina, en la Base de Datos se almacena la información sobre las perspectivas a tener en cuenta en los diseños Hombre – Máquina y cada característica correspondiente a cada perspectiva, Las perspectivas se representa como $A = \{a_1, a_2, a_3\}$, y las características se representan como $C = \{c_1, c_2, c_3\}$. Los atributos (características) de cada perspectiva se evalúa a través de la escala de términos lingüísticos propuesta por [20] y el resultado de las evaluaciones de cada atributo se guarda en la Base de Datos. Desde la Base de Datos es posible realizar el cálculo de la similitud existente entre cada perspectiva a tener en cuenta para los diseños de interacción Hombre – Máquina, el resultado que se obtiene es el que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Similitud entre las perspectivas a tener en cuenta en los diseños Hombre – Máquina.

a_1 Perspectiva técnica	a_2 Perspectiva de usuario	a_3 Perspectiva de la tarea
0.73	0.88	0.52

El proceso de recomendación de acuerdo con la Tabla 1 y las características de cada uno de las perspectivas a tener en cuenta en el diseño para la interacción Hombre – Máquina, se corresponde con prestar atención a la perspectiva de usuario, la misma es importante porque es la que hace referencia a las especificaciones del usuario, en ella se encuentra el nivel físico que se corresponde con la conducta motora, todas ellas asociadas desde el punto de vista psicológico. Tener en cuenta las características descrita de esta perspectiva para analizar y detallar los requisitos de los sistemas interactivo ayuda favorablemente tanto al aspecto funcional de los sistemas, como a los aspectos de su uso, específicamente la usabilidad y su accesibilidad.

Conclusiones

En el presente trabajo se realizó un análisis de las perspectivas de los sistemas HMI como expresión de una nueva ergonomía, se propuso un modelo de recomendación neutrosófico para recomendar cual es la perspectiva a tener en cuenta en los diseños donde interactúan Hombre – Máquina. A partir del modelo de recomendación propuesto y calculada la distancia ideal entre cada característica de cada perspectiva analizada se obtuvo que la perspectiva de usuario es la que más requiere que se tenga en cuenta, ya que en esta perspectiva se encuentran los aspectos psicológicos que considera desde el punto de vista ergonómico las limitaciones de los usuarios, sin tener que hacer muy específicos los diseños.

References

- [1] J. J. Cañas, *Personas y máquinas: El diseño de su interacción desde la ergonomía cognitiva*. Madrid: Pirámide. 2004.
- [2] J. J. Cañas, Y. Waerns, *Ergonomía cognitiva: Aspectos psicológicos de las personas con la tecnología de la información*. Barcelona: Médica Panamericana. 2001.
- [3] M. Rodríguez, *Ergonomía básica aplicada a la medicina del trabajo*. Madrid: Díaz de Santos. 1994.
- [4] Y. Masuda, *La sociedad informatizada: Como sociedad post-industrial [Information society.Spanish]*. Madrid: Fundesco. 1984.
- [5] M. Castells, C. Martínez Gimeno, J. Alborés, *La era de la información: Economía, sociedad y cultura (3a ed.)*. Madrid: Alianza. 1999; 2001.
- [6] J. Cabero, M. C. Llorente, *Alfabetización digital y capacitación tecnológica de alumnos en TICs*. EDUTEC 2006, Tarragona. 2006.
- [7] A. Pérez i Garcías, J. Salinas, *Comunidades virtuales al servicio de los profesionales: EDUTEC, la comunidad virtual de tecnología educativa*. Educación y Bibliotecas, 122(abril), 58-63. 2001.
- [8] A. Pérez i Garcías, *Elementos para el análisis de la interacción educativa en los nuevos entornos de aprendizaje*. PixelBit, (19), 20/05/2009-49. 2002.
- [9] R. Mansell, *Knowledge societies: Information technology for sustainable development*. USA: Oxford University Press. 1990
- [10] J. Abascal, C. Nicolle, *Inclusive design guidelines for HCI*. London: Taylor & Francis. 2001.
- [11] J. Abascal, C. Nicolle, *Moving towards inclusive design guidelines for socially and ethically aware HCI*. Interacting with Computers, 17(5), 484-505. 2005
- [12] C.S. Manresa Yee, *Advanced and natural interaction system for motion impaired users*. Universitat de les Illes Balears. Departament de Ciències Matemàtiques i Informàtica). Retrieved from TDX/TDR database. 2009.
- [13] J. Lillo, *Ergonomía: Evaluación y diseño del entorno visual*. Madrid: Alianza, 2000.
- [14] L. Tortosa Latonda, Instituto de Biomecánica de Valencia. *Ergonomía y discapacidad (Ed rev i ampl ed.)*. Valencia: Instituto de Biomecánica, 1999.
- [15] J. Zaccagnini J, *Psicología e Inteligencia artificial*. México Edit Trotta, 2003.
- [16] Dietmar Jannach, *Tutorial: Recommender Systems*, in International Joint Conference on Artificial Intelligence Beijing, August 4, 2013.
- [17] Freire, J.B., et al., *Modelo de recomendación de productos basado en computación con palabras y operadores OWA [A product recommendation model based on computing with word and OWA operators]*. International Journal of Innovation and Applied Studies, 16(1), 2016, p. 78.
- [18] J. Estupiñan Ricardo, M. E. Llumiguano Poma, A. M. Argüello Pazmiño, A. D. Albán Navarro, L. Martín Estévez, and N. Batista Hernandez, "Neutrosophic model to determine the degree of comprehension of higher education students in Ecuador," *Neutrosophic Sets & Systems*, vol. 26, 2019.
- [19] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, G. R. Zumba, M. C. V. Márquez, and B. W. O. Ballas, "EL ASSESSMENT CENTER PARA LA EVALUACIÓN DE LAS COMPETENCIAS ADQUIRIDAS POR LOS ESTUDIANTES DE NIVEL SUPERIOR," *Investigación Operacional*, vol. 40, no. 5, pp. 638-643, 2019.
- [20] Biswas, P., S. Pramanik, and B.C. Giri, *TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment*. Neural computing and Applications, 27(3), 2016, p. 727-737.
- [21] Leyva, M., Smarandache, F., *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*, 2018. Pons, Bruselas.
- [22] Şahin, R. and M. Yiğider, *A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection*. arXiv preprint arXiv:1412.5077, 2014.
- [23] J. Ye, *Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method*. Journal of intelligent Systems, 23(3): 2014, p. 311-324.
- [24] Pérez-Teruel, K., M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, *Mental models consensus process using fuzzy cognitivemaps and computing with words*. Ingeniería y Universidad, 19(1): 2015, p. 173-188.
- [25] Vázquez, M.Y.L., et al., *Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico*. Ingeniería y Universidad: Engineering for Development, 17(2): 2013, p. 375-390.
- [26] L.G.P. Cordon, *Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico*. Universidad de Jaén. 2008.
- [27] N. B. Hernández, W. O. Aguilar, and D. A. Luis, "Acercamiento a la gestión del talento humano en la facultad de jurisprudencia y ciencias sociales y políticas de la Universidad Estatal de Guayaquil," *Revista Didasc@ lia: Didáctica y Educación*. ISSN 2224-2643, vol. 6, no. 4, pp. 223-238, 2016.
- [28] M.R.M. Arroyave, A.F. Estrada, and R.C. González, *Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words]*. International Journal of Innovation and Applied Studies, 15(1), 2016, p. 80

Received: noviembre 14, 2019. Accepted: enero 11, 2020