



Estrategias de diagnóstico de usabilidad para espacios interactivos en ambientes socio-técnicos: una revisión comparativa

Diagnostic usability strategies for interactive spaces in socio-technical environments: a comparative review

Murga González Alejandro Daniel , Ayala Macías Elvia Guadalupe , Becerril Mendoza Vladimir , Rosas Burgos Karina , Almejo Ornelas Alberto 

Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Blvd. Universitario 1000, Unidad Valle de las Palmas, 22260 Tijuana, Baja California, México

Autor de correspondencia: Alejandro Daniel Murga González, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Blvd. Universitario 1000, Unidad Valle de Las Palmas, 22260, Tijuana, B.C., alejandro.murga@uabc.edu.mx. ORCID: 0000-0002-5840-1822.

Recibido: 20 de Mayo del 2019

Aceptado: 13 Octubre del 2019

Publicado: 30 de Octubre del 2019

Resumen. - Este trabajo tiene como intención realizar una revisión comparativa de tres experiencias de diagnóstico de usabilidad para espacios interactivos en ambientes socio-técnicos. La primera, generada para la torre de control de tráfico aéreo del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM); la segunda, para los talleres de metalmecánica de una empresa particular; y la tercera, para el fraccionamiento de Valle de San Pedro, Tijuana. Dicha comparación pretende determinar qué es un espacio interactivo, cuáles son las cualidades que lo definen, y cómo pueden ser medidas. Para ello se presentarán los tres casos, se contrastarán sus funciones, y se determinarán sus similitudes para detectar las cualidades genéricas de interacción. Con esto se pretende llegar a un entendimiento transdisciplinar para la optimización de los ambientes socio-técnicos, los cuales hasta ahora se han abordado desde la perspectiva de riesgos -ergonómicos, psicosociales y organizacionales-, pero no desde la facilidad de uso, cualidad que abarca más apropiadamente el fenómeno de la interacción y el entendimiento de los requerimientos de usuario. Se espera que el impacto de este trabajo dé mejores pautas para el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) en campos de la ingeniería, el diseño de producto, y diseño urbano.

Palabras clave: Espacio interactivo; Diseño Centrado en el Usuario; Usabilidad; Diagnóstico; Sistemas socio-técnicos.

Abstract. - This work intends to carry out a comparative review of three usability diagnostic experiences for interactive spaces in socio-technical environments. The first, was produced for the air traffic control tower of the International Airport of Mexico City (AICM); the second, for the metalworking workshops of a particular enterprise; and the third, for the neighborhood of Valle de San Pedro, Tijuana. This comparison aims to determine what an interactive space is, what the qualities that define it are, and how they can be measured. For this, the three cases will be presented, their functions will be contrasted, and their similarities will be determined to detect the generic interaction qualities. This is intended to achieve a transdisciplinary understanding for the optimization of socio-technical environments, which until now have been addressed from the perspective of risk -ergonomic, psychosocial and organizational- but not from the ease of use, a quality that covers more properly the



phenomenon of interaction and understanding of user requirements. The impact of this work is expected to provide better guidelines for User Centered Design (UCD) in the fields of engineering, product design, and urban design.

Keywords: Interactive space; User centred design; Usability; Diagnosis; Socio-technical systems.

1. Introducción

El concepto *interacción* no es nuevo en el ámbito de la ingeniería. Con el desarrollo tecnológico y de la ergonomía se han logrado consolidar nuevas categorías de estudios como los de Interacción Humano-Máquina –HMI- o Interacción Humano-Computadora –HCI- [1-5], lo cual ha implicado el análisis de las relaciones entre conceptos como interfaz, naturalidad, comunicación, etc. entre seres humanos y la tecnología objetualizada. Sin embargo, por un lado, dichas categorías de estudio visualizan esta relación obviando su espacialidad. Flores [6], por otro lado, aterriza un sistema de interacciones para el Diseño de producto: Entorno, Objeto, Usuario –EOU-, que, si bien representa una valiosa aportación al incorporar el espacio, da por hecho que las actividades o tareas son resultado de la interacción de los tres elementos; mientras que en HCI ya se tomaban en cuenta como elementos *diseñables* [7].

Esto habla de cómo desde las disciplinas se ha buscado entender los fenómenos de acuerdo a conceptos de interés del campo de conocimiento: la ingeniería de sistemas se ocupa de lo digital; el diseño de producto, de la aprehensión física objetual; y la arquitectura y urbanismo, de la espacialidad concreta. Dichos conceptos interactúan con el ser humano no de forma aislada, sino en varias ocasiones de manera combinada, como lo que sucede en una torre de control de tráfico aéreo, donde interfaces digitales, objetos tecnológicos y estaciones de trabajo se integran en un solo espacio al servicio de sus usuarios. Ante esta combinación de elementos -cada vez más frecuente con el cambio tecnológico- es necesario dar una aproximación para la ingeniería y el diseño, del espacio interactivo como un mismo objeto de estudio puesto que hasta ahora, los conceptos de interacción provenientes de diferentes campos de estudio no proveen una visión holística.

Es así que las intenciones que motivaron este trabajo son responder a las interrogantes *qué es un espacio interactivo, cuáles son sus cualidades y cómo se miden*. Su enfoque es incidir en las disciplinas que se ven involucradas en la creación de los espacios interactivos

para dar una plataforma de entendimiento que permita una aproximación transdisciplinaria y de esta manera se optimicen los esfuerzos provenientes de cada una. Para ello, se hizo una revisión de la teoría de la comunicación, la usabilidad y el concepto de *interfaz espacial comunicativa* [8, 9], con el fin de generar un marco de entendimiento sobre el espacio interactivo como fenómeno. Posteriormente, se compararon tres casos diferentes con relación a dicho fenómeno: una torre de control del tráfico aéreo, talleres de metalmecánica y un espacio *rururbano* –proceso de ubicación de usos tradicionalmente urbanos en el entorno rural-. Con dicha revisión se detectaron patrones que describen la esencia de un espacio interactivo, sus cualidades y posibilidades para su medición.

2. Antecedentes

En este apartado se presentan los tres casos de espacios interactivos [10-12] que, por sus diferencias notorias, conviene describir en virtud de encontrar patrones que ilustren la interactividad como concepto y que sirva como indicador en el diseño y calidad de los espacios que cumplan con esta categoría.

2.1 Primer caso: Torre de Control del Tráfico Aéreo

Las torres de control (TC) garantizan la seguridad de operaciones aeronáuticas al permitir la comunicación de los controladores con los capitanes de las aeronaves, así como con otras instancias como el personal en terminal, centro de control, etc. En este sentido, se puede decir que la TC es un *sistema espacial y comunicacional* que se relaciona con otros más grandes: el aeropuerto en sí, las aerovías y otros aeropuertos. Ello permite considerar al espacio como una *interfaz* que relaciona a sus usuarios, de manera *real* o *virtual*, y para su entendimiento, es necesario segmentarla en partes examinar el alcance de una meta sistémica, que en este caso se definió como la comunicación de instrucciones para operaciones aeronáuticas.



Se detectó como elementos dicha interfaz de trabajo comunicativo –o estación de trabajo- a la cabina, ventanas, iluminación, y consolas –mobiliario que integra la tecnología con la que trabaja mayormente el controlador-. Sus funciones se delinearón como la facilitación y optimización de las capacidades comunicativas de los controladores para analizar la información pertinente, con accesibilidad, claridad, nitidez, legibilidad, comodidad e interoperatividad. Posterior a este análisis, se elaboró un instrumento de diagnóstico, en el cual se cotejan cualidades de la ventana, consola, iluminación y cabina bajo la percepción de usuario; y se califica con un semáforo de acciones dependiendo del porcentaje resultante.

2.2 Segundo Caso: Maquiladora metalmecánica

En este caso se consideró al espacio de la maquila metalmecánica como un sistema ergonómico compuesto por cinco elementos: 1. *Ambiente*, talleres y normas; 2. *Usuarios*, operadores; 3. *Objetos*, máquina y herramientas; 4. *Actividad*, capacitación y producción; y 5. *Producto*, consecuencia de la interacción de los cuatro anteriores. Dichos elementos deben garantizar la óptima productividad y calidad de vida –o uso ISO 9241-11, ISO/IEC9126- de los operadores [13]-.

Como resultados, por un lado, se recomendó la existencia de *ayudas mecánicas y visuales* para promover el óptimo desempeño e integridad del trabajador; así como para la calidad de la producción. Por otro lado, se señaló la importancia de la *adaptabilidad* del espacio, dado que en el contexto de la maquila continuamente se requieren cambios en los procesos y líneas de producción por la diversidad de productos que se demandan.

2.3 Tercer Caso: Fraccionamiento habitacional

Este tercer caso se consideró a un fraccionamiento habitacional aislado de servicios y equipamiento, como un espacio de interacción física y virtual, donde la tecnología juega un papel esencial para el logro de metas por parte de sus usuarios (habitantes, visitantes, etc.), pues la comunicación en espacios virtuales, como las redes sociales, permite en este caso y en cierta medida la satisfacción de necesidades de vida.

De esta manera surge la propuesta del concepto *habitante/usuario*, que expande el análisis de condiciones de uso en distintos ejes y dimensiones:

- Eje efectivo: Un propósito de uso. No sólo es existir en el espacio, sino satisfacer necesidades concretas.
- Eje afectivo: existen cambios en actitudes y dinámicas generados por las interacciones del habitante/usuario, los cuales pueden ser categorizables para el entendimiento del diseño espacial y el nivel de calidad en el uso.
- Dimensión espacial concreta/virtual: el espacio habitable deja de ser sólo físico y se vierte, junto con sus habitantes, en la virtualidad. La relación cognitiva con el espacio es tan fuerte y relevante como la física. En este sentido, existe la búsqueda de información e intercambio de ideas para objetivos concretos y diferenciados.

3. Apartado conceptual

Después de la revisión de los tres casos, conviene analizar las conceptualizaciones teóricas en relación al fenómeno interacción: 1. la teoría de la comunicación, 2. usabilidad e 3. interfaces espaciales comunicativas (IEC). En primer lugar, se consideraron tres aspectos de la teoría de la comunicación: el flujo de información, control en sistemas y comportamiento social [14]. En segundo lugar, se definió la usabilidad como la facilidad de uso del espacio, bajo metas sistémicas [15] y, en tercer lugar, se adoptó el concepto IEC, como sistemas interactivos que consisten de elementos tecnológicos dispersos en el espacio concreto y/o embebidos en objetos físicos [8]; concepto que engloba los tres casos discutidos hasta ahora.

Asimismo, se considera el término ofrecimiento percibido –o *perceived affordances*- [15] como las acciones que el usuario percibe como posibles en un objeto o espacio diseñado. Norman menciona que inicialmente, estos ofrecimientos son convencionalismos sociales que después sugiere, deben ser pensados y por tanto son *diseñables*. Sus características esenciales son que deben ser descubribles y deben dar una retroalimentación sobre la efectividad y eficiencia de la tarea; así como la satisfacción del usuario.



4. Justificación metodológica

La selección de los casos tuvo que ver principalmente con el estudio de interacciones mediadas por la tecnología, objeto y espacio diseñados. En este sentido y en primera instancia, se consideró la integración teórica relacionada con la Ergonomía, “*disciplina científica que enfocada en el entendimiento de interacciones entre humanos, y otros elementos de un sistema (...) para optimizar el bienestar humano y el desempeño sistémico*” [16], que corresponde a la apertura de nuevos campos de conocimiento entre las disciplinas de ingeniería y diseño que deja incógnitas sobre los límites dentro de éstas, por lo cual su entendimiento sólo es posible desde equipos multidisciplinares.

En segunda instancia cabe destacar que, aunque existe la producción centrada en el entendimiento de interacciones, ésta radica en disciplinas tecnológicas en las que los objetos de estudio son la relación del software y hardware con el ser humano, sin tomar en cuenta el espacio, o inclusive las interfaces análogas/sin pantallas.

El estudio de interacciones entre espacio, objeto tecnología y seres humanos todavía es muy reciente como para categorizarlo dentro de una disciplina como ingeniería de sistemas, diseño industrial/de producto, arquitectura, urbanismo, etc. Campos de conocimiento recientes como el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) [17], Pensamiento de Diseño –*Design Thinking*– o Experiencia de Usuario –*User Experience, UX*– desdibujan más estas fronteras.

Por ello, se seleccionaron tres casos que parten desde puntos o disciplinas distintas y que, sin embargo, abordan temáticas que coinciden la interacción en espacios interactivos y ambientes socio-técnicos, aunque fueran diferentes tipos: una torre de control, una maquiladora, y un espacio urbano de tal manera que se pudieran cotejar las interacciones manifestándose en diversas escalas y naturaleza disciplinar. En dichos casos se reconoce la existencia de interfaces –*medios donde se hacen posible las interacciones naturales entre humanos y otros elementos*– [13], digitales o análogas, distribuidas o embebidas en el espacio concreto; lo cual hace a los tres consistentes con el concepto IEC.

5. Resultados

A partir de la revisión de los tres casos se puede tipificar características de interactividad en el espacio: 1. *actividades* como comunicación, producción, habitación y uso; 2. existencia de IECs análogas y/o digitales 3. *dimensiones espaciales* real y/o virtual; 4. *retroalimentación* efectiva y afectiva que informan sobre el cumplimiento de propósitos y generación de actitudes o dinámicas, respectivamente; 5. y el *ser humano*, que percibe el espacio y da una respuesta mediada por la IEC (Figura 1).



Figura 1. Representación de una interfaz espacial comunicativa.

De acuerdo a lo expuesto hasta ahora, las disciplinas desde las que tradicionalmente se abordan los fenómenos de estudio presentados parten con objetos de estudios aislados, a diferencia de la Ergonomía que amalgama *elementos sistémicos*: el entorno, el objeto, la actividad y el ser humano. La visión holística de dichos elementos permite de igual manera definir *distintas formas de interacción* en el espacio, que surgen de acciones básicas como el usar, habitar, actuar y ser (Figura 2). Partiendo de la tipificación de elementos e interacciones se pueden comprender conceptos complejos como la experiencia, establecer formas de medición y generar estrategias de diseño, lo cual conlleva dinámicas de colaboración entre las disciplinas para abordar de manera conjunta dichos fenómenos.

Por ello, este estudio contempla que el espacio se puede usar como una interfaz de trabajo o de interacción social, cuyas actividades se pueden diseñar, tal y como se sucede con la línea de producción en una maquila; el arreglo interoperativo de una cabina de torre de control; o la participación en plataformas tecnológicas.



Figura 2. Elementos sistémicos y formas de interacción.

Con esto, se puede decir que los espacios interactivos son espacios diseñados en los cuales el ser humano incide, de manera individual o conjunta, virtual o real, para ser, actuar, habitar o usar distintos elementos embebidos en interfaces que vuelven natural la interacción. La teoría revisada señala que la manera más adecuada de medir el desempeño de este tipo de espacios a partir de lo establecido en el DCU y la usabilidad, con los indicadores efectividad, eficiencia y satisfacción; los cuales refieren al porcentaje de tarea realizada, cantidad de recursos invertidos y actitudes generadas, respectivamente. Sin embargo, para espacios interactivos, dicha medición se debe adecuar a la definición de *interfaces espaciales comunicativas* con las cuales se interactúa; por tanto, se debe prestar particular atención en la percepción del usuario, la retroalimentación de las interfaces, y el cumplimiento de metas sistémicas (Figura 3).



Figura 3. Propuesta de indicadores de los espacios interactivos.

En los tres casos se observan los indicadores de interactividad: tanto la TC, la maquila de metalmecánica y el fraccionamiento de Valle de San Pedro son sistemas socio-técnicos que cuentan con

espacios interactivos, en los cuales existen interfaces espaciales comunicativas percibidas y usadas por sus usuarios/habitantes para realizar actividades concretas que están en relación con la naturaleza del espacio y sus metas sistémicas. En la TC, la IEC es la estación de trabajo compuesta por interfaces digitales y análogas como la consola, ventana, cabina e iluminación; en la maquila, por la estación de trabajo compuesta por interfaces análogas (maquinaria, herramientas, y espacio de trabajo); y en el fraccionamiento, por las redes sociales y la espacialidad concreta donde se encuentran sus habitantes. Es así, que la calidad de la IEC es crucial en la satisfacción del ser humano y el alcance de metas sistémicas con eficiencia y efectividad.

6. Conclusiones

Como resultado de este análisis, se proponen indicadores de interactividad de un espacios interactivos basados en los tres que surgen en la usabilidad: la efectividad, que se puede medir cotejando la consistencia entre el producto/actividad generados y la retroalimentación de las interfaces; eficiencia, como la consistencia entre la percepción del usuario y el producto/actividad generados; y la satisfacción como la consistencia entre la percepción del usuario y el *affordance* de la interfaz es decir, las capacidades de retroalimentación afectiva y efectiva. Cabe destacar que, tomando en cuenta que esta propuesta surge desde el DCU, se debe considerar que para el análisis de la experiencia y la interactividad es necesaria la existencia de la relación humano-IEC bajo un contexto de uso. En este sentido, la propuesta de espacios interactivos está enfocada en medir la interactividad o la naturalidad en el uso, principios tendencialmente más alineados hacia la ergonomía cognitiva que hacia la ergonomía física. Es importante seguir explorando el concepto de interactividad en el espacio, ya que es consecuente con la tendencia de desmaterialización de la computadora y su distribución en el espacio. Dicha exploración permitirá generar pautas que impacten espacios tan diversos como los anteriormente analizados, de tal forma que se puedan generar sistemas, espacios, servicios y objetos de manera holística, integrada y multidisciplinar. Se pretende que esta investigación pueda seguir para la profundizar en la tipificación de espacios interactivos, así como la generación de metodologías de diseño y diagnóstico de su interactividad.



Referencias

- [1] D. R. Cheriton, "Man-machine interface design for timesharing systems", Proceedings of the 1976 annual conference. ACM, pp. 362-366. October 1976. <https://doi.org/10.1145/800191.805617>.
- [2] D. A. Norman, "Design rules based on analyses of human error", Communications of the ACM, vol.4, no. 26, pp. 254-258, 1983. <https://doi.org/10.1145/2163.358092>.
- [3] S. L. Smith, and J. N. Mosier, "Guidelines for designing user interface software" (No. MTR-10090). Bedford, MA: Mitre Corporation, 1986. <https://doi.org/10.21236/ADA177198>.
- [4] B. Shneiderman, "Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction". Pearson Education India, 2010. <http://www.cs.umd.edu/hcil/DTUI6/>.
- [5] C. Marlin and L. Brown, "Human-computer interface design guidelines". Ablex Pub.: Norwood, NJ, 1988. <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/38160>.
- [6] C. Flores, "Ergonomía para el diseño". Teoría y práctica Designio. México, 2001. http://upload.no.com.gt/Ergonomia_para_el_dise%C3%B1o.pdf.
- [7] J. Johnson, "Designing with the mind in mind: simple guide to understanding user interface design guidelines". Elsevier, 2013. <https://www.sciencedirect.com/book/9780124079144/designing-with-the-mind-in-mind#book-info>.
- [8] C. Rizopoulos, "Implications of Theories of Communication and Spatial Behavior for the Design of Interactive Environments". Intelligent Environments (IE), in 7th International Conference. IEEE, pp. 92-99, 2011. <https://doi.org/10.1109/IE.2011.57>.
- [9] C.E. Shannon, "A mathematical theory of communication". Bell system technical journal, pp. 379-423, 1948. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>.
- [10] A. Murga, "Diagnóstico ergonómico para de estaciones de trabajo industriales: una perspectiva desde el diseño en el noroeste de México". Memorias del 4º Congreso DI-Integra Territorios del Diseño, San Luis Potosí, México, 2019. <http://congresos.uaslp.mx/Territorios/Paginas/default.aspx>.
- [11] A. Murga, "Diagnóstico del Diseño Comunicativo en Estaciones de Trabajo: Caso Torre de Control del Aeropuerto de la Ciudad de México". Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2016. <http://www.remeri.org.mx/portal/REMERI.jsp?id=oai:tesis.dgbib.lio.unam.mx:000744431>.
- [12] E. Ayala, "Proceso de resiliencia en el espacio rural urbano a través de redes sociales: el caso de Valle de San Pedro". Ciudad y sustentabilidad: riesgos urbanos. Editorial UABC, 2019. https://www.researchgate.net/publication/338593546_Procesos_de_resiliencia_en_el_espacio_rururbano_a_traves_de_redes_sociales_El_caso_de_Valle_de_San_Pedro.
- [13] N. Bevan, "International standards for HCI and usability". International journal of human-computer studies, vol 4, no. 55, pp. 533-552, 2001. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0483>.
- [14] O. Hargie, "Skill in theory: Communication as skilled performance". In The handbook of communication skills. Routledge, pp. 9-40, 2018. <https://doi.org/10.4324/9781315436135-2>.
- [15] D. A Norman, "Affordance, conventions, and design". Interactions, vol. 3, no. 6, pp. 38-43, 1999. <https://doi.org/10.1145/301153.301168>.
- [16] IEA. "Ergonomics definition". Fecha de acceso 23/04/19. <https://www.iea.cc/whats/>.
- [17] Abras, C. "User-centered design. Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction". Thousand Oaks: Sage Publications, 37(4), 445-456, 2004. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.94.381>.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)