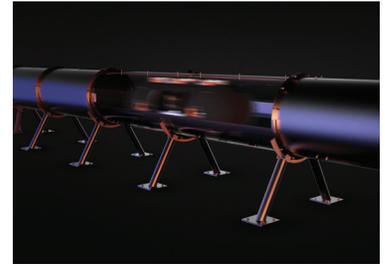


Requisitos para la experiencia del usuario de la cabina de pasajeros de hyperloop



User experience requirements for hyperloop passenger's cabin



Carlos Hermosilla-Fernández y Teresa Magal-Royo

Universitat Politècnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño. Camino de Vera, s/n – 46022 Valencia (España)

DOI: <https://doi.org/10.6036/10480> | Recibido: 01/feb/2022 • Inicio Evaluación: 07/feb/2022 • Aceptado: 25/may/2022

To cite this article: HERMOSILLA-FERNÁNDEZ, Carlos; MAGAL-ROYO, Teresa. USER EXPERIENCE REQUIREMENTS FOR HYPERLOOP PASSENGER'S CABIN. *DYNA*. July-August 2022. vol.97, n.4, pp. 386-391. DOI: <https://doi.org/10.6036/10480>

ABSTRACT

- Although Hyperloop technology is still in its early stages, its technical and economic potential will become a revolution in the transport industry in Europe that will serve to unify it. The development of Hyperloop technology should focus on improving propulsion technology issues and keep an eye on the human and perceptual aspects during the traveling, which could be a key factor when engineers develop the passenger cabins and implement advanced prototypes to market. Regarding the user experience will serve in the future to create and develop an interior design for the Hyperloop cabin that adapts to the sensory stimulation features and practical needs of the user during the journey. The synergy between the Hyperloop technology and the traveler experience will help as a bridge for the citizens of the future who use this new type of transport with confidence. The article aims to analyze the most critical aspects used to evaluate future transport through user experience methodologies. That should be considered a fundamental part of the interior space design of the cabin through common areas and specific services. It describes two essential aspects in the design of future Hyperloop cabins or pods. On the one hand, the user experience methodologies related to the perception of comfort and safety in this new transport allow evaluation of the expectations in its use in the future. On the other hand, the description of the cognitive factors that influence the interior cabins' design affects the development of future devices such as passengers' seats in the pod.
- **Keywords:** Hyperloop, user experience, passenger pod, taxonomy, neurodesign, user-centered design, interaction.

RESUMEN

Aunque la tecnología Hyperloop aún se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo, su potencial técnico y económico, se convertirá en una revolución en la industria del transporte de viajeros y mercancías en Europa que servirá para unirla.

Analizar y conocer la experiencia del usuario servirá en el futuro para crear y desarrollar un diseño interior de la cabina del Hyperloop que se adapte a las características sensoriales y necesidades prácticas del usuario durante el trayecto. La sinergia entre la tecnología planteada en el Hyperloop y la experiencia del viaje

para el usuario servirá de puente para que los ciudadanos del futuro que utilicen este nuevo tipo de transporte tengan confianza.

El desarrollo de la tecnología Hyperloop no sólo debe centrarse en mejorar la tecnología de propulsión, sino que debe vigilar los aspectos humanos y de percepción en su uso por parte del viajero potencia que podrían ser factores clave cuando se introduzcan prototipos avanzados en el mercado.

El artículo tiene como objetivo analizar los aspectos más importantes que podrían servir para evaluar la experiencia del usuario del futuro transporte y que deberían considerarse como parte fundamental dentro del desarrollo y diseño interior de la cabina y el diseño específico del asiento.

Se describen dos aspectos esenciales en el diseño de las futuras cabinas del Hyperloop. Por un lado, las metodologías de experiencia de usuario relacionadas con la percepción de confort y seguridad en este nuevo transporte permiten evaluar las expectativas en su uso en el futuro. Por otro lado, la descripción de los factores cognitivos que influyen en el diseño interior de las cabinas incide en el desarrollo de futuros dispositivos como los asientos de los pasajeros en la cápsula.

Palabras clave: Hyperloop, experiencia del usuario, cabina de pasajeros, taxonomía, neurodiseño, diseño centrado en el usuario, interacción.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos modelos de transporte de pasajeros y carga de alta velocidad con tecnología de levitación magnética en tubos sin aire o parcialmente evacuados es ya una realidad a nivel mundial con el desarrollo de proyectos como Hyperloop [1], y compañías que en la actualidad están realizando pruebas y prototipos para evaluar su viabilidad. En Europa, empresas como Zeleros (España) [2], Hardt Global Mobility (Holanda), Hyper Poland (Polonia), y TransPod (de Canadá, con oficinas en Italia y Francia) en colaboración con universidades europeas y nacionales relacionadas e instituciones públicas con el transporte ferroviario están investigando y desarrollando sus propuestas. Estas acciones conformarán la red transeuropea de transporte de ultra alta velocidad [3]. En el futuro, la red Hyperloop discurrirá por varios tipos de infraestructuras similares a las ferroviarias como las vías en superficie durante 10.509 km (87,09%), por vías subterráneas durante 1.117 km (9,26%), por puentes elevados durante 379 km

(3,14%) e incluso por vía submarina durante 62 km (0,51%). La demanda del nuevo sistema dependerá del número de viajes que puede captar de otros modos de transporte y por el número de viajes que se podrán asumir diariamente. Se cree que el 80% de cualquier decisión de viaje en la red europea de Hyperloop estará influida por el tiempo en comparación con un 20% que se verá afectada por la variable de la distancia física [4],[5].

Por ello, el desarrollo comercial de este tipo de transporte necesitará de unos requisitos técnicos y de control de las comunicaciones compatibles con los actuales sistemas de transporte terrestre que ayuden a estandarizarlo en el mercado. Por ello, ya se han creado los Comités certificadores de la normativa técnica para la tecnología Hyperloop que implica el uso y gestión de este tipo de transporte a nivel americano [6] y a nivel europeo mediante la generación de normas relacionadas con la tecnología y su construcción. El Comité Técnico Europeo (TC) puso en marcha el Comité Europeo de Normalización (CEN) y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) para abordar la necesidad de la Normalización de los sistemas Hyperloop. El objetivo de estos comités es definir, establecer y estandarizar la metodología y el marco para regular los sistemas de viaje de Hyperloop y garantizar la interoperabilidad y los altos estándares de seguridad en toda Europa [7],[8]. En el documento denominado Estandarización de todos los sistemas, productos, servicios y aplicaciones relacionados con el sistema de transporte de Hyperloop CEN/CLC/JTC 20, incluye dos subsecciones: Sistemas de Hyperloop proporciona información sobre Operaciones y Servicios CEN/CLC/JTC 20/WG 1 y Sistemas de Transporte y Requisitos CEN/CLC/JTC 20/WG 2.

Estas normas serán la base de los futuros proyectos generados en el marco de la tecnología Hyperloop y permitirán establecer un lenguaje común en el sector de la alta velocidad para que todas las tecnologías sean interoperables entre sí. Asimismo, permitirá establecer los requisitos de seguridad y los métodos de verificación y pruebas para que el sistema sea seguro y fiable.

Una parte esencial de este trabajo será la cabina de pasajeros y el entorno de las zonas comunes que se derivan del uso de la lanzadera, cabina o pod. Por tanto, será necesario no sólo estudiar el apartado de usabilidad y funcionalidad interna de la lanzadera desde el punto de vista técnico, sino también evaluar la experiencia del usuario del pasajero que va a utilizar este nuevo servicio de transporte, incluyendo la cabina de pasajeros, el espacio de carga, las zonas comunes, etc... Se debe evaluar los aspectos técnicos, funcionales y estéticos de la cabina de pasajeros y determinar los parámetros que marcan la experiencia del usuario en sus condiciones de viaje a alta velocidad en un tiempo limitado.

El artículo describe dos aspectos esenciales en el diseño de las futuras cabinas o pods para la tecnología hyperloop. Por un lado, las metodologías de experiencia de usuario relacionadas con la percepción del confort y la seguridad en este nuevo transporte que permitirán evaluar las expectativas en su uso en el futuro y por otro lado, la definición de los factores cognitivos que influyen en el diseño de las cabinas que afectan al desarrollo de los asientos y de los futuros dispositivos digitales que utilicen los pasajeros durante el viaje.

La experiencia del usuario como técnica de validación del hyperloop como medio de transporte desarrollará y validará dispositivos específicos y controlará la percepción del usuario en la cabina de pasajeros y las zonas comunes. La percepción del ser humano ante el reto de viajar y experimentar la alta velocidad debe ser considerada desde el momento en que se diseña el espacio donde se ubicará dentro de la cápsula o pod de pasajeros. Las sensaciones perceptivas que experimentará el viajero son

retos importantes que deberán asumir los ingenieros de producto y de interiores, trabajando tanto en los dispositivos físicos y electrónicos interactivos implementados en la cabina como en los espacios compartidos en la cabina diseñada. Por ello, y dentro de las metodologías de evaluación de la experiencia de usuario, será imprescindible considerar otras áreas multidisciplinares, como el uso de la neurotecnología para controlar las sensaciones cognitivas experimentadas y las metodologías orientadas al neurodiseño de productos y servicios [9],[10] que ayudarán a desarrollar dispositivos y entornos adecuados en la cabina del hyperloop mejorando la experiencia del usuario ante el reto de viajar a velocidades supersónicas.

El concepto multisensorial de la percepción humana en general para establecer las pautas relacionadas con el uso del transporte de alta velocidad. Un apartado señalará artículos de revisión de los aspectos técnicos y funcionales que se manejan actualmente en el diseño de la cabina de pasajeros del sistema hyperloop. Como conclusión, se realizará una descripción de los factores determinantes en la evaluación de la experiencia del usuario, orientada a las expectativas de seguridad y confort que debe transmitir el servicio como transporte del futuro.

2. LA PERCEPCIÓN HUMANA MULTISENSORIAL

La percepción describe tanto la acción, como la consecuencia de percibir, comprender y organizar el entorno a través de los sentidos: gusto, tacto, olfato, oído y vista. La sensación es una experiencia que se vive a partir de un estímulo y por tanto, es la respuesta a un acontecimiento percibido a través de los sentidos. Por otro lado, la percepción es la interpretación de una sensación, es decir, lo captado por los sentidos que adquiere un significado concreto y es clasificado en el cerebro. Por ejemplo, a través de la percepción se integra la información espacial que nos llega a través de los sentidos y que nos permite ubicarnos y movernos en el entorno próximo [11].

El ser humano puede recibir señales a través de varios sentidos en cinco categorías diferentes: ver (visión), oír (audición), oler (olfacción), degustar (gustación) y tocar (tacto). El tacto puede incluir más de un sentido, como el contacto y la presión de los objetos, incluida la sensación de dolor (nocicepción), la electricidad (electrorrecepción) y la temperatura (termocepción). Otras capacidades sensoriales humanas para la detección de estímulos son el sentido cinestésico (propiocepción), el sentido del equilibrio (equilibriocepción) y la capacidad de detectar concentraciones de sal y dióxido de carbono (quimiorrecepción). Todo órgano sensorial del ser humano dispone de dos partes. La primera parte es el receptor, que es estimulado para producir alguna reacción. La segunda parte es el convertidor, que codifica o reproduce la respuesta y genera una descarga una señal que se envía a lo largo de una vía nerviosa al músculo [12].

La percepción espacial de nuestro entorno más cercano se basa en la orientación [13]. Nos orientamos en el espacio utilizando señales internas, por ejemplo, las presiones intracraneal e intravascular. Percibimos la atracción de la gravedad e interpretamos las señales visuales externas, como el cielo y la posición normal del sol, las nubes y los objetos de nuestro entorno.

Otro aspecto a tener en cuenta son los efectos nocivos de las aceleraciones bruscas que puedan producirse por la alta velocidad del Hyperloop afectarían al suministro de oxígeno al cerebro y que en algunas situaciones provocarían la inconsciencia. De hecho, existen sistemas que controlan las aceleraciones mediante cabinas de presión adaptadas para que los usuarios no la detecten.

El posible nivel de confort del usuario en un entorno percibido como seguro requiere una serie de factores que determinan la estabilidad y la normalidad percibida por los sentidos [14].

La estabilidad de los sentidos viene dada por el control de lo que es normal para un ser humano cuando viaja. El hecho de poder interpretar señales visuales, auditivas y estables es decisivo para que, ante la expectativa de viajar a gran velocidad se perciba como algo normal y sin más preocupaciones que la curiosidad.

En el caso de las cabinas del Hyperloop, la sensación puede ser la misma que la de un tren de alta velocidad en la mayoría de los casos cotidianos hasta experimentar niveles de aceleración y vibración que no son deseables para el umbral del ser humano. El hecho de que la cabina tenga una presión controlada amortiguará los aspectos negativos que puedan surgir al percibir la sensación de alta velocidad [15].

3. ASPECTOS TÉCNICOS Y FUNCIONALES DEL HYPERLOOP EN EL DISEÑO DE LA CABINA DE PASAJEROS

Hyperloop es un sistema único que incluye el viaje de una cabina de pasajeros en un entorno de tubos cuidadosamente controlados que hace que el sistema sea inmune al viento, el hielo, la niebla y la lluvia. El sistema de propulsión sólo puede acelerar la cápsula a velocidades seguras en cada sección de tubo creada. Se trata de un sistema sin conductor en el que todo se controla y supervisa desde el exterior. Las cápsulas no necesitan energía continua para desplazarse, por lo que, en caso de corte de energía, las baterías de iones de litio de los sistemas de soporte permitirán que todas las cápsulas se detengan en sus destinos suavemente después de la aceleración sufrida [16].

La información sobre los aspectos técnicos y funcionales relacionados con la seguridad de la cabina de pasajeros del Hyperloop indica que cualquier error de control humano y las condiciones imprevisibles durante la conducción se eliminan debido a la ausencia de un conductor y por lo tanto, los problemas de seguridad están controlados [17]. En cuanto a la resolución de los problemas o emergencias a bordo, todas las cápsulas tendrían contacto directo por radio con los operadores de la estación, lo que permitiría a los pasajeros informar de cualquier incidente, solicitar ayuda y recibir asistencia, incluyendo equipos de primeros auxilios [18].

Gkoumas, en su artículo de revisión sistemática, propone una taxonomía de los temas tratados en los últimos diez años en artículos científicos, indicando la evolución de la investigación dirigida a mejorar diferentes aspectos enfocados a la tecnología de implementación del sistema Hyperloop como transporte [19],[20]. La taxonomía creada analiza los grupos de investigación esenciales basados en la utilidad, física y genérica y donde hay muy poca investigación relacionada con los aspectos y condiciones de la cabina de pasajeros. La información orientada al usuario se refleja en unos pocos artículos de investigación orientados a describir el diseño estructural y dimensiones de la cabina de pasajeros y el estudio conceptual del diseño aerodinámico de la estructura.

A partir de los primeros estudios relacionados con las dimensiones de la cabina, teniendo en cuenta la velocidad y la estabilidad de la fricción entre el tubo y la cabina. Las primeras ideas establecían el uso de cabinas para dos pasajeros (tubos de 1,11 metros de radio) cuyos costes eran más baratos. Por otro lado, otros estudios indicaban que las cabinas con pasajeros y carga podían tener unas dimensiones mayores (1,65 metros de radio) [21]. Este hándicap implicaba que los primeros diseños

contemplaban cabinas de pasajeros en las que el usuario se sentaba a ras de suelo sin posibilidad de movimiento dentro de la cabina y centraba su experiencia de usuario en la limitación visual frontal durante el viaje.

En el documento original generado para Musk para el proyecto Hyperloop Alpha [1], los cálculos dimensionales permitían determinar la posibilidad de ubicar hasta 28 pasajeros en cuanto a las dimensiones de la cabina propuestas teniendo en cuenta los problemas de levitación y fricción de la cabina sobre el tubo para mantenerla estable. El informe preliminar indicaba que el peso interior total de la cápsula de pasajeros de Hyperloop se espera que sea cercano a los 2.500 kg, incluyendo los asientos, los sistemas de retención, los paneles interiores y de las puertas, los compartimentos para el equipaje y el entretenimiento. Las dimensiones de la cabina para 28 pasajeros han sido un elemento de referencia durante mucho tiempo a la hora de ubicar los asientos y diseñar un tipo de cabina adaptado, respetando todos los dispositivos adicionales necesarios para completar la cabina [22].

Los trabajos posteriores sobre la capacidad de pasajeros y de carga se reflejan en estudios relacionados con la posible capacidad de transporte de las cápsulas de pasajeros oscilaría entre 40 y 100 asientos por viaje, donde a cada asiento se le asigna una carga útil equivalente de 125 kg. La capacidad de carga de las cápsulas oscilaría entre 5 y 12,5 toneladas. De hecho, la actividad de carga como servicio complementario al transporte de pasajeros debería centrarse en la carga de alto valor añadido [5].

La mayoría de los trabajos técnicos relacionados con la viabilidad técnica de la tecnología de la cabina del Hyperloop para los futuros pasajeros se centran en tres aspectos que son el tiempo de viaje, la comodidad y la seguridad [18]. Estos tres aspectos determinan, en la mayoría de los casos, los diseños de interiores que se están diseñando y creando actualmente.

Hyperloop prevé el desarrollo de viajes de media y larga distancia que compiten en duración con el transporte aéreo, los trenes de alta velocidad e incluso los trenes tradicionales. Se calcula que el tiempo medio de viaje en la red europea es de aproximadamente 52 minutos en 350 millas a una velocidad media de 760 mph [4]. Por tanto, la seguridad será siempre una de las principales preocupaciones de los consumidores respecto al transporte público. En el mundo actual, la gente tiene ideas preconcebidas de que cualquier transporte debe ser seguro. Por ello, es crucial asegurarse de que Hyperloop pueda afrontar y resolver todas las amenazas potenciales. Los pasajeros de Hyperloop se enfrentarán a los mismos peligros que cualquier tren de alta velocidad, pero pagarán más que en un viaje tradicional y exigirán más información relacionada con la seguridad de la cabina. Esta información sobre seguridad servirá para informar a los pasajeros antes y durante el viaje. Será necesario aplicar protocolos de seguridad internos y externos al pasajero como en los vuelos comerciales convencionales. El diseño del mobiliario de la cabina se hará con materiales ignífugos, cristales de seguridad y contra impactos. El diseño interior necesitará zonas de evacuación, iluminación del camino y acceso para salir de la cabina. A nivel de información y comunicación al pasajero, será útil la inclusión de pantallas informativas sobre la seguridad interna y el plan de evacuación [23].

Otro aspecto a tener en cuenta será la comodidad que es un componente importante del transporte en tren rápido y a menudo determina qué modo de transporte quieren los consumidores. Dentro de la comodidad, hay varios factores humanos, como los niveles de vibración, el ruido, las proporciones ergonómicas

de los asientos y los espacios compartidos, etc., a los que los consumidores prestan atención. En el caso de las capsulas del Hyperloop la comodidad se orientará que los viajeros dispongan de un espacio vital adecuado alrededor de sus asientos y al acceso a las zonas comunes para mejorar la experiencia del usuario durante el corto viaje [24],[25], [26].

4. CONDICIONES EVALUABLES EN LA EXPERIENCIA DEL USUARIO

En la actualidad, el número de pasajeros de los trenes de alta velocidad ha aumentado gracias a su eficiencia, las bajas emisiones y la reducción de los tiempos de llegada para distancias medias y cortas. En general, las condiciones técnicas de seguridad y confort son la referencia futura para la red de transporte generada con la tecnología Hyperloop. La eficiencia y el control del espacio compartido, los asientos de los pasajeros, la definición de los sistemas interactivos de comunicación e información se centrarán en el diseño del espacio disponible en la cabina y para evaluarlo, será necesario utilizar las metodologías orientadas a la experiencia del usuario.

La Experiencia de Usuario (UX) es definida por la Organización Internacional de Normalización (ISO), en la norma ISO 9241-210:2019, como "Las percepciones y respuestas de una persona que resultan del uso o del uso anticipado de un producto, sistema o servicio".

Su uso necesita de técnicas multidisciplinarias, en las que cada factor debe basarse en las necesidades, objetivos, motivaciones, expectativas y capacidades de los usuarios [27]. Por lo tanto, la experiencia del usuario se centra en los procesos de reconocimiento y evaluación, tanto internos como externos, de todo lo que le ocurre a una persona cuando interactúa con un producto, un servicio incluyendo su nivel de satisfacción [28].

Tradicionalmente, la experiencia de usuario comprende un conjunto de factores de evidencia de calidad [29], [30] que incluye tres tipos de criterios; 1) los criterios clásicos de usabilidad como la eficiencia, la controlabilidad o la capacidad de aprendizaje; 2) los criterios heurísticos orientados a conocer las emociones y sensaciones del usuario como la estimulación, la diversión, la novedad, las emociones [31] y por último, 3) los criterios funcionales como los aspectos estéticos y visuales del producto y/o servicio [32].

Por lo tanto, la experiencia del usuario depende de una serie de criterios cuantificables, calificándolos como aspectos que pueden medirse de forma independiente a través de cuestionarios [33] a partir de la información obtenida del usuario cuando interactúa con un producto o servicio en condiciones particulares, expresando sus emociones y expectativas en el contexto de uso [34],[35].

La experiencia del usuario puede orientarse en tres aspectos:

Experiencia material. Tiene que ver con la experiencia material concreta de observar, pensar o desear algo. Se refiere a la experiencia al utilizar un producto o servicio como una transmisión continua de sensaciones que fluyen a través de la mente humana.

La experiencia es algo único. Se refiere a la construcción de conocimiento que puede cambiar a una persona y su contexto. Si el producto o servicio despierta fuertes emociones en el usuario, puede influir en nuestros valores e incluso cambiar la disposición de nuestro comportamiento.

La experiencia como historia. Las historias son formas de organizar y recordar nuestras experiencias materiales. La experiencia como historia nos permite comunicar una experiencia a personas concretas en diferentes situaciones.

Se considera por tanto que estos tres aspectos conforman la



Figura 1: Entorno de evaluación de la experiencia del usuario en las cabinas de pasajeros del Hyperloop

experiencia del usuario que podría utilizarse para evaluar el uso del servicio de transporte de la cabina de Hyperloop y el viaje de alta velocidad, convirtiéndolo en un fenómeno complejo, dinámico y subjetivo. El diseño de una experiencia de usuario se adaptará sobre todo a la evaluación de las aplicaciones digitales como para los productos y servicios implementados en las cabinas de pasajeros de Hyperloop desde las experiencias multisensoriales que se generen durante el viaje. Las experiencias multisensoriales afectarán a los sentidos y percepciones del pasajero, especialmente a los relacionados con la interacción del usuario en un entorno multimodal interactivo.

De hecho, la experiencia del usuario en determinadas situaciones puede modificar la estructura cerebral y los aspectos cognitivos más profundos de la percepción del usuario durante una tarea, proceso o experiencia. Este enfoque permite a los diseñadores comprender las tendencias conductuales y sociales que, en el caso del uso de la tecnología en el ámbito del transporte, como los trenes de alta velocidad, permitirán evaluar aspectos cruciales en el desarrollo de propuestas prácticas para la cabina del Hyperloop. La comodidad y la percepción de la seguridad serán los puntos clave que garantizarán el uso futuro de esta tecnología. La aplicación de técnicas neurológicas para analizar y evaluar las sensaciones será la base para establecer un proceso de diseño adecuado.

Los diseñadores de productos que desarrollen dispositivos e instrumentos para la cabina del Hyperloop tendrán que evaluar la experiencia del usuario basándose en criterios perceptivos de la experiencia multisensorial (véase la figura 1). La orientación espacial, el ruido, el control del tiempo y la vibración estarán relacionados con la percepción de la seguridad y la comodidad durante el viaje. Todos estos aspectos serán importantes a la hora de definir una prueba de evaluación porque será necesario medir el nivel de satisfacción y/o percepción y establecer las pautas a tener en cuenta en el diseño del entorno de la cabina del Hyperloop.

La pieza clave de la seguridad y el confort en la cabina es el asiento y el espacio que lo rodea. Por razones de seguridad y debido a la duración del viaje, el pasajero no podrá moverse. Por ello, la experiencia se centrará en las sensaciones que perciba desde su asiento y el acceso a todos los elementos disponibles a su

alrededor. En su diseño y construcción se tendrá en cuenta tanto los factores técnicos específicos que lo definen como aquellos criterios ergonómicos y antropométricos relacionados con el mobiliario complementario o los dispositivos digitales accesibles desde el asiento.

La figura 2 muestra las condiciones generales que deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar y evaluar el futuro asiento del Hyperloop, centradas en cuatro aspectos significativos a partir de los cuales se pueden determinar los factores que influyen directamente en la sensación de seguridad y confort en este tipo de transporte:

El espacio se centra en la zona del viajero cuando está sentado y le permite acceder a los dispositivos de seguridad y al propio equipaje. El espacio disponible para el pasajero en cualquier zona de transporte es uno de los grandes retos. El diseño del asiento de Hyperloop ha extrapolado las condiciones convencionales de un asiento de avión o de tren de alta velocidad.

La iluminación es un factor importante a la hora de crear un espacio de confort para el usuario relacionado con las condiciones de percepción al ver o manipular una pantalla digital.

Condiciones perceptivas de visión y audición. Las condiciones globales del entorno en la cabina le permiten ver y oír los mensajes proporcionados por los controladores y las condiciones individuales del entorno con acceso a pantallas o auriculares disponibles desde el asiento.

Seguridad desde el punto de vista físico (dispositivos como cinturones, chalecos, ubicación de los airbags, etc.) y percepción multisensorial que amortigua aspectos relacionados con la vibración, el sonido, el movimiento, etc.).

5. CONCLUSIONES E INVESTIGACIÓN FUTURA

El desarrollo imparable de futuras soluciones relacionadas con el tren de alta velocidad basada en tecnología hyperloop, requerirá estudios más detallados sobre las condiciones de uso de las cabinas y los asientos siguiendo la normativa técnica existente y los requisitos de los usuarios para que la experiencia sea adecuada desde el punto de vista del confort y la seguridad. Las condiciones tecnológicas impuestas en relación con el espacio de viaje de la cabina y los dispositivos de propulsión, seguridad y ventilación cuya normativa se está desarrollando actualmente, requerirán

la creación de espacios privados y comunes dentro y fuera de la cabina o lanzadera.

Las condiciones físicas que experimentará el pasajero en el interior de la cabina y la implementación de dispositivos de comunicación serán una parte muy importante del diseño final de las cabinas, que incluye el diseño del asiento y la distribución espacial de las zonas comunes. La evaluación del espacio en su conjunto necesitará la aplicación de técnicas de neurodiseño que influyan en el diseño del interior y de los nuevos dispositivos que mejoren las percepciones y sensaciones del usuario durante el viaje.

Las metodologías y técnicas multidisciplinares relacionadas con la experiencia del usuario se utilizarán para definir desde los dispositivos tecnológicos interactivos implementados en la cabina hasta las campañas publicitarias basadas en perfiles de usuario previamente estudiados. La definición de la experiencia de viaje mediante el uso de la tecnología hyperloop tendrá en cuenta al menos tres aspectos: la experiencia como hecho tangible, la experiencia como algo único e intransferible, y la experiencia como una historia a recordar que permite su regularización social.

Evaluando los factores y puntos clave tratados en este artículo, se espera analizar en el futuro diseño interior de la cabina del Hyperloop creado por el equipo español a través de técnicas de experiencia de usuario, centrando el análisis y las evaluaciones en el campo de la seguridad y el confort. El futuro diseño de la cabina del Hyperloop no debe centrarse únicamente en la tecnología de propulsión, sino que debe valorar la importancia de las sensaciones que los pasajeros sentirán en la cabina para demostrar el éxito de su uso. Por esta razón, hay que tener en cuenta cuestiones específicas en la evaluación de la experiencia del usuario teniendo en cuenta los parámetros sensoriales multimodales tanto a nivel global aplicado al diseño de la cabina como a nivel específico en el diseño de los asientos de los pasajeros. Será importante diseñar todos los dispositivos para mejorar las condiciones de seguridad y confort percibidas por el usuario durante el viaje en Hyperloop.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el equipo Hyperloop de la Universitat Politècnica de València (UPV) por facilitar la imagen de portada del paper.

REFERENCIAS

- [1] Musk, E (2013) Hyperloop Alpha. Disponible en línea: https://www.tesla.com/sites/default/files/blog_images/hyperloop-alpha.pdf (Consultado el 17/01/2021)
- [2] ZELEROS (2022). Proyecto Hyperloop. Disponible en línea: <https://zeleros.com> (Consultado el 17/01/2022).
- [3] Hyperloopconnected.org (2019). Connecting Europe with a hyperloop network. Disponible en línea: <https://hyperloopconnected.org/2019/02/connecting-europe-with-a-hyperloop-network/> (Consultado el 17/01/2022)
- [4] Fernández Gago, J.Á., Collado Pérez-Seoane, F. (2021) Metodología para la caracterización de infraestructuras de transporte ferroviario lineal con la técnica de aprendizaje automático y su aplicación en una red de Hyperloop. Urban Rail Transit Vol. 7, 159-176. <https://doi.org/10.1007/s40864-021-00149-4>
- [5] Fernández Gago A. & Collado Pérez-Seoane F. (2021). Cuantificación de la oferta de transporte vinculada a una red europea de Hyperloop Transportation Research Procedia. Vol. (58), 559-566 <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.074>
- [6] Departamento de Transporte de los Estados Unidos, (2021). Hyperloop Standards Desk Review. Consejo de Tecnologías de Transporte No Tradicionales y Emergentes (NETT). Disponible en línea: https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/2021-01/NETT%20Council%20Hyperloop%20Standards%20Desk%20Review_14Jan2021_final.pdf

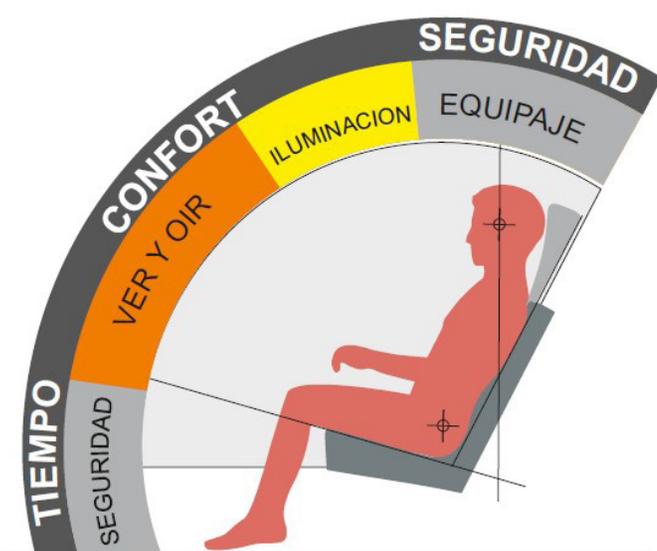


Figura 2: Condiciones del asiento del Hyperloop

- (Consultado el 20/01/2022)
- [7] CEN-CENELEC. (2020). CEN/CLC/JTC 20-Sistemas de hiperbucle. Comité Europeo de Normalización. Disponible en línea: <https://standards.cencenelec.eu> (Consultado el 17/01/2022)
- [8] UNE (2021). CTN 326 Hyperloop. Revista de la Asociación Española de Normalización. nº 38 (Julio-Agosto 2021). Disponible en línea: <https://revista.une.org/38/ctn-326-hyperloop.html> (Consultado el 17/01/2022)
- [9] Ahram T., Barros F., Soares Falcao C., Soares M., Karwowski W. (2016). Neurodesign: Aplicaciones de la neurociencia en el diseño y las interacciones hombre-sistema. En el libro: Ergonomía en el Diseño: Methods and Techniques, CRC Press Editors: Marcelo M. Soares, Francisco Rebelo. Capítulo 30, 481-496. ISBN: 978-0367356903. <https://doi.org/10.1201/9781315367668-31>
- [10] Liu W. et al. (2020) NeuroDesign: Tomar decisiones y resolver problemas mediante la comprensión del cerebro humano. En: Marcus A., Rosenzweig E. (eds) Design, User Experience, and Usability. Diseño de interacción. HCII 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12200. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49713-2_14
- [11] Gibson, J. J. (1950). The perception of the visual world. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- [12] Kroemer K.E., Kroemer H.B., Kroemer Hoffman A.D. (2018). Los sentidos humanos. En Ergonomía. How to Design for Ease and Efficiency, Capítulo 5 - 171-252. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813296-8.00005-0>
- [13] Kroemer K.E., Kroemer H.B., Kroemer Hoffman A.D. (2018). Cómo interactúa el cuerpo con el entorno. En Ergonomía. How to Design for Ease and Efficiency, capítulo 6, 253-321. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813296-8.00006-2>
- [14] Gibson, J. J. (1966). Los sentidos considerados como sistemas perceptivos. Boston: Houghton Mifflin.
- [15] Majumder A. Tomar A., Dhar A. (2019). Diseño conceptual de una cápsula de Hyperloop que viaja a alta velocidad dentro de un tubo de vacío. Conferencia: 10th International Conference on Advances in Computing, Control, and Telecommunication Technologies, ACT, Hyderabad, India.
- [16] Taylor C.L., Hyde D.J., Barr L.C (2016). Análisis de viabilidad comercial de Hyperloop : Visión general de alto nivel. Número de informe: DOT-VNTSC-NASA-16-01. Disponible en: <https://rosap.nsl.bts.gov/view/dot/12308> (Consultado el 16/01/2022).
- [17] Özbek R, Çodur MY. (2021). Comparación de Hyperloop y los vehículos de transporte existentes en términos de seguridad y costes. Modern Transportation Systems and Technologies. Vol. 7(3), 5-29. <https://doi.org/10.17816/transsyst2021735-29>
- [18] Razi K, Wu N, Wang C, Chen M.; Huizhong S. Xue; Lui N. Et Jia P.(2018). Deseabilidad del consumidor del Hyperloop propuesto. Universidad de California. Disponible en: <https://escholarship.org/uc/item/3w5414sm> (Consultado el 16/01/2022).
- [19] Gkoumas K. Et Christou M. (2021). Evidence-Based Challenges for Hyperloop Deployment: A Taxonomy of Research Issues. Conference Transportation Research Board 100th Annual Meeting Washington DC, United States.
- [20] Gkoumas K. (2021). Hyperloop Academic Research: A Systematic Review and a Taxonomy of Issues. Applied Sciences, Vol. 11(13), 5951. <https://doi.org/10.3390/app11135951>
- [21] Chin, J.C.; Gray, J.S.; Jones, S.M.; Berton, J.J. (2015) Open-Source Conceptual Sizing Models for the Hyperloop Passenger Pod. En: Proceedings of the 6th AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference 2015, Kissimmee, FL, USA, 5-9 January 2015. <https://doi.org/10.2514/6.2015-1587>
- [22] Mitropoulos, L.; Kortsari, A.; Koliatos, A.; Ayfantopoulou, G. (2021).The Hyperloop System and Stakeholders: A Review and Future Directions. Sustainability Vol. 13 (15), 8430. <https://doi.org/10.3390/su13158430>
- [23] Özbek R., Et Çodur MY. (2021). Comparison of Hyperloop and Existing Transport Vehicles in Terms of Security and Costs. Modern Transportation Systems and Technologies. Vol. 7(3) pp. 5-29. <https://doi.org/10.17816/transsyst2021735-29>
- [24] Suzuki H. (1998). Research Trends on Riding Comfort Evaluation in Japan. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F: Journal of Rail and Rapid Transit; Vol. 212(1), 61-72. <https://doi.org/10.1243/0954409981530689>
- [25] Kim Y.G, Kwon H.B, Kim S.W., Kim C.K y Kim T.W.(2003). Correlación de los métodos de evaluación del confort de conducción de los vehículos ferroviarios. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. Vol. 217(2):73-88. <https://doi.org/10.1243/09544090376576282333>.
- [26] Samah AAA. (2016). Whole Body Vibration Analysis for Ride Quality of LRT Passenger. Batu Pahat: Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.; Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/83541259.pdf> (Consultado el 16/01/2022)
- [27] Aguirre, E. R., Ferrer, M. Á., Bustos, Boris A. 3 Et Méndez, R E. (2020). UX Design: una metodología para el diseño de proyectos digitales eficientes centrados en los usuarios. Revista Espacios, Vol. 41 (5) 9. ISSN 0798 1015 (Consultado el 16/01/2022)
- [28] Knapp Bjerén, A. (2003). La Experiencia del Usuario. En: Knapp Bjerén, A. (coord.). La Experiencia del Usuario. Madrid: Anaya Multimedia, ISBN 84-415-1044-X.
- [29] Preece, J., Rogers, Y., Et Sharp, H. (2002). Interaction Design Beyond Human-Computer Interaction. Nueva York John Wiley Et Sons. ISBN: 978-0471492788.
- [30] Morville, P. (2004). Diseño de la experiencia del usuario. Disponible en: http://semanticstudios.com/user_experience_design (Consultado el 17/01/2022)
- [31] Hassenzahl, M. (2001). The effect of perceived hedonic quality on products appealingness. International Journal of Human-Computer Interaction, Vol.13, 479-497. https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1304_07
- [32] Norman, D. (2013). El diseño de las cosas cotidianas: Edición revisada y ampliada. Perseus Books, USA, ISBN: 9780465050659
- [33] Schrepp M., Hinderks A., Thomaschewski J. (2014) Applying the User Experience Questionnaire (UEQ) in Different Evaluation Scenarios. En: Marcus A. (eds) Design, User Experience, and Usability. Teorías, métodos y herramientas para el diseño de la experiencia de usuario. DUXU 2014. Lecture Notes in Computer Science, Vol 8517. Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-319-07668-3_37.
- [34] Arhippainen, L., Tähti, M. (2003). Empirical Evaluation of User Experience in Two Adaptative Mobile Application Prototypes. Actas de la 2ª Conferencia Internacional sobre Multimedia Móvil y Ubicua, Norrköping, Suecia. Disponible en: <http://www.ep.liu.se/ecp/011/007/ecp011007.pdf> (Consultado el 16/01/2022)
- [35] Arhippainen, L. (2003). Captura de la experiencia del usuario para el diseño de productos. IRIS26, 26th Information Systems Research Seminar in Scandinavia. Porvoo, Finlandia. Disponible en: <http://www.vtt.fi> (Consultado el 16/01/2022)