

ACCESIBILIDAD AUMENTADA: LA GEOGRAFÍA DEL TIEMPO COMO BASE CONCEPTUAL PARA INTEGRAR LAS TIC EN LAS MEDIDAS DE ACCESIBILIDAD

RAÚL F. ELIZONDO-CANDANEDO ([id](#))¹
ALDO ARRANZ-LÓPEZ ([id](#))²
JULIO A. SORIA-LARA ([id](#))^{1,3}

¹Centro de Investigación del Transporte -TRANSyT- Universidad Politécnica de Madrid, Avda. Profesor Aranguren s/n, Ciudad Universitaria, Madrid, 28040, España

²Luxembourg Institute of Socio-Economic Research (LISER), 11, Porte des Sciences, Esch-sur-Alzette, 4366, Luxembourg

³Instituto de Economía, Geografía y Demografía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Calle de Albasanz 26, 28, Madrid, 28037, España

Autor de correspondencia: raul.elizondo@alumnos.upm.es

Resumen. La presente comunicación busca responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los umbrales espaciotemporales en los que las TIC incrementan significativamente los niveles de accesibilidad espacial? Para ello se presenta un marco conceptual basado en la geografía del tiempo de Hägerstrand, que permite integrar la accesibilidad espacial y la accesibilidad digital originada por las TIC. Este marco conceptual permite abordar la pregunta de investigación a través de dos fases metodológicas: (i) análisis de la sensibilidad de la accesibilidad espacial con respecto a las variables espaciotemporales; (ii) estimación de los umbrales espaciotemporales en los que las TIC resultarían determinantes para incrementar la accesibilidad espacial. Los resultados indican que realizar teleactividades puede incrementar los niveles de accesibilidad de los individuos, especialmente cuando las distancias recorridas son superiores al 51% de la distancia que un individuo podría recorrer si emplease todo su tiempo disponible en únicamente desplazarse desde el origen al destino. El incremento de accesibilidad es notable cuando las distancias a recorrer son superiores al 70% de dicha distancia máxima. Se señala también las principales limitaciones de la accesibilidad virtual en base a el acceso a internet y la posibilidad de realizar las actividades sincrónica o asincrónicamente.

Palabras clave: geografía del tiempo, TIC, accesibilidad aumentada, análisis de sensibilidad, umbrales de accesibilidad espaciotemporal.

INCREASED ACCESSIBILITY: THE GEOGRAPHY OF TIME AS A CONCEPTUAL BASIS FOR INTEGRATING ICT'S INTO ACCESSIBILITY MEASURES

Abstract. This communication aims to answer the following research question: What are the spatiotemporal thresholds in which ICTs significantly increase the levels of spatial accessibility? To this end, a conceptual framework based on Hägerstrand's geography of time is presented, which allows the integration of spatial accessibility and digital accessibility originated by ICTs. This conceptual framework allows addressing the research question through two methodological phases: (i) analysis of the sensitivity of spatial accessibility with respect to spatiotemporal variables; (ii) estimation of the spatiotemporal thresholds in which ICTs would be determinant to increase spatial accessibility. The results indicate that carrying out teleactivities can increase the levels of accessibility of individuals, especially when the travelled distances are greater than 51% of the distance that an individual could travel if that individual spent all his/her available time just moving from the origin to the destination. The increase in accessibility is notable when the distances to be travelled are greater than 70% of said maximum distance. It also points out the main limitations of virtual accessibility based on internet access and the possibility of carrying out activities synchronously or asynchronously.

Keywords: time geography, ICT, increased accessibility, sensitivity analysis, spatiotemporal accessibility thresholds.

1. INTRODUCCIÓN

La planificación orientada a la accesibilidad espacial se basa en maximizar el número de oportunidades/actividades a las que la población tiene acceso con el menor desplazamiento posible y usando el modo de transporte más sostenible (Banister, 2008; Handy, 2020). A pesar de la evolución y coexistencia de diferentes enfoques metodológicos para medir la accesibilidad espacial (Hansen, 1959; Siddiq y D. Taylor, 2021; van Wee, 2016) uno de los desafíos actuales pasa por incorporar el impacto que tienen las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y, en especial internet, sobre dicha accesibilidad espacial.

La mayoría de los estudios reconocen el potencial de las TIC para incrementar potencialmente los niveles de acceso a actividades (ej., trabajo, compras, ocio) (Arranz-López y Soria-Lara, 2022; Zhai *et al.*, 2017). Internet ha facilitado un entorno digital en el que la población puede elegir realizar determinadas actividades (ej., teletrabajo, telecompra, teleocio) de manera virtual en cualquier lugar y momento, sustituyendo actividades que tradicionalmente se realizaban de forma física en el territorio (Hjorthol y Gripsrud, 2009; Konrad y Wittowsky, 2018). Aunque las investigaciones que abordan este tema han crecido considerablemente, todavía existe un vacío de conocimiento relacionado con identificar bajo en qué condiciones concretas (ej. distancia a recorrer, velocidad de desplazamiento, oferta de actividades, etc.) hacer una actividad a través de internet aumenta significativamente el potencial de la población para completar las distintas actividades cotidianas incrementando sus niveles de accesibilidad. Abordar este vacío de conocimiento puede ayudar a profundizar sobre el papel de las TIC e internet en la relocalización de actividades en el territorio (Dadashpoor y Malekzadeh, 2022; Pawlak, 2020), su impacto en los patrones de viaje (Gössling, 2018), o su capacidad para redibujar las relaciones entre equidad social y acceso a oportunidades (Kenyon *et al.*, 2002; Lucas, 2012).

En base a la problemática descrita, este estudio pretende desarrollar un marco teórico-conceptual que reflexione sobre la capacidad de la población para realizar sus actividades diarias, abordando de manera integrada la noción tradicional de accesibilidad espacial con el uso, hábitos y preferencias hacia el uso de las TIC. Este marco teórico-conceptual recibe el nombre de “accesibilidad aumentada” y permite plantear la hipótesis de que existen una serie de umbrales de proximidad espacial entre los individuos y la localización de las actividades en el territorio en el que el uso de las TIC impacta con distinta intensidad sobre los niveles de accesibilidad espacial. Para refrendar la hipótesis descrita, se utilizarán los supuestos de la teoría de la geografía del tiempo de Hägerstrand (1970)

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS: DESDE LA ACCESSIBILIDAD ESPACIAL A LA ACCESSIBILIDAD AUMENTADA

2.1. La accesibilidad espacial

Hansen (1959), Siddiq y Taylor (2021) y Wachs y Kumagai (1973) han contribuido, entre otros, a la conceptualización y desarrollo de medidas de accesibilidad espacial. En los distintos modelos conceptuales centrados en la accesibilidad espacial se percibe la existencia de una transacción espacio-tiempo. En general, la operacionalización de las medidas de accesibilidad está condicionada por tres propiedades esenciales (Figura 1): i) la cercanía (proximidad) de los espacios en los que se pueden realizar ciertas actividades y la oferta existente de dichas actividades; ii) la cantidad de tiempo disponible de cada individuo (impactando sobre los niveles de movilidad y proximidad); iii) las infraestructuras y modos de transporte disponibles para conectar el individuo con los espacios de actividad empleando para ello una determinada cantidad de tiempo.

En base a lo anterior se desprenden dos limitaciones principales para incorporar el impacto de las TIC e internet sobre la accesibilidad espacial: i) las medidas de accesibilidad desarrolladas adoptan una visión determinista basada en elementos que caracterizan al espacio, tales como: distancias, funciones de impedancia entre orígenes y destinos, modos e infraestructuras de transporte disponibles, localización de actividades, etc. Esto es una limitación ya que la realización de actividades por internet tiene factores

condicionantes que no son necesariamente espaciales o que no coinciden con los anteriores (ej., ancho de banda, datos de descarga, capacidad de computación del ordenador); ii) por su enfoque espacial, las medidas de accesibilidad solo consideran el conjunto de oportunidades disponibles para realizar actividades de forma presencial, omitiendo la alternativa de teleactividades (Cascetta *et al.*, 2016). Por todo ello, se desprende la necesidad de un nuevo enfoque que integre las características de la accesibilidad espacial con las potencialidades de la TIC e internet.

Figura 1. Propiedades de la accesibilidad espacial



Elaboración propia a partir de las referencias recogidas en el Apartado 2.1

2.2. La accesibilidad aumentada

A diferencia de las medidas existentes de accesibilidad espacial, la incorporación de las TIC como instrumento para acceder a la realización de actividades desde cualquier lugar y hora, reclama una heurística de observación, donde la medida de accesibilidad represente el conjunto real de oportunidades en las que una persona podría participar, bien de manera física en el espacio o a través de internet (Janelle y Gillespie, 2004; Miller, 2005b). Janelle (1995) ya identificó cuatro elementos que condicionan y caracterizan la realización de una actividad presencial o por internet: i) Presencia síncrona (PS); ii) Telepresencia síncrona (TS); 3) Presencia asíncrona (PA); 4) Telepresencia asíncrona (TA) (Miller, 2005b). Por consiguiente, una de las principales características de la accesibilidad aumentada debería de ser la posibilidad de un doble desacoplamiento a la hora de realizar una actividad: desacoplamiento espacial y desacoplamiento temporal.

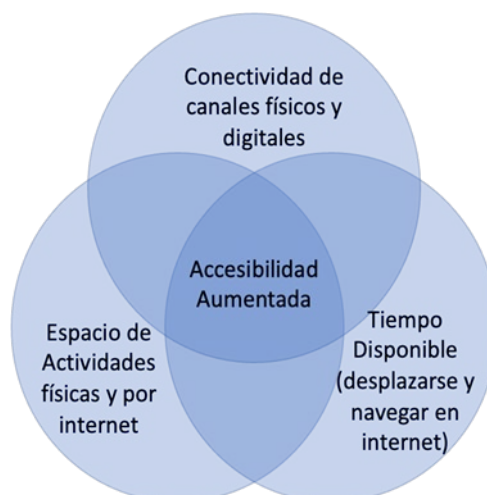
El desacoplamiento espacial en la realización de las actividades es uno de los mayores desafíos a la hora de conceptualizar la noción de accesibilidad aumentada. En este sentido, la participación o realización de actividades debe entenderse a partir del potencial de medios que las personas tienen a su alcance para realizar dicha actividad, pudiendo ser medios que impliquen desplazamiento espacial o medios que permitan completar la actividad por internet. En la accesibilidad aumentada, la definición de actividades, por lo tanto, se concibe como un intercambio de materia, experiencias e información que los agentes que interactúan pueden obtener unos de otros bien en una ubicación espacial concreta o bien de manera digital a través de teleactividades. No obstante, existen actividades que no se igualan con ningún equivalente espacial y que serán denominadas actividades virtuales.

Esto subordina el papel interactivo entre los equivalentes espaciales y las teleactividades. Por un lado, las teleactividades espacialmente emancipadas pueden asumir un papel sustitutivo y complementario ya que los usuarios pueden ejecutar una u otra, o incluso ambas en la misma franja horaria (Lyons *et al.*, 2018). Por ejemplo, en una jornada laboral diaria hay varias actividades; algunos trabajadores pueden viajar al trabajo haciendo un desplazamiento físico, pero durante el mismo día, un trabajador puede tener una reunión digital vía internet. Incluso un mismo trabajador puede no acudir a la oficina y teletrabajar completando todas las actividades de su jornada laboral. Por otro lado, las teleactividades dependientes del espacio pueden tomar un papel complementario y modificador en el equivalente físico, pero no son

totalmente sustituibles. Por ejemplo, la actividad de compra se compone de subactividades como buscar productos, comparar alternativas (actividad opcional), pagar y entregar (Konrad y Wittowsky, 2018).). A través del acceso digital, un comprador tiene la opción de realizar todas las subactividades de compraventa digitalmente (eliminando el desplazamiento del comprador), excepto la entrega del producto.

Con todo, las tres características principales que integrarían al concepto de accesibilidad aumentada son: i) espacios de actividad física; ii) espacios de actividad digital; iii) la inversión de tiempo en modos digitales o espaciales (modos de transportes e infraestructuras) para realizar el conjunto de oportunidades híbridas factibles. La cantidad de tiempo disponible puede designarse discrecionalmente por el individuo para el conjunto de actividades diarias tanto si se hacen físicamente o por internet (Figura 3). Comprender la accesibilidad como un fenómeno que en todo momento se compone de elementos espaciales y digitales requiere de esclarecer la forma que estos elementos se interrelacionan. Por consiguiente, establecer umbrales para comprender como la accesibilidad espacial varía en el tiempo y el espacio permite que las personas en su programa de actividades diarias decidan invertir el tiempo en desplazarse físicamente o bien hacerlo de manera digital, con el fin de destinar el tiempo disponible en actividades que aportan valor por sí mismas al individuo.

Figura 2. Propiedades de la accesibilidad aumentada



Fuente: Elaboración propia a partir de las referencias recogidas en el Apartado 2.2

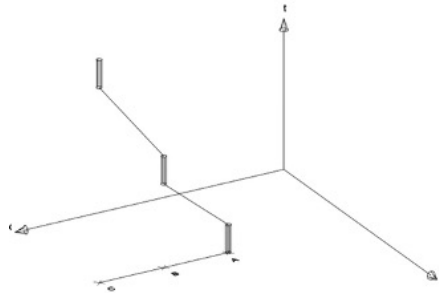
3. METODOLOGÍA

Para refrendar la hipótesis de trabajo descrita en el apartado 1, el presente trabajo recurre a las entidades conceptuales y herramientas analíticas de la geografía del tiempo (Miller, 2005a), lo que permite analizar la existencia (o no) de una serie de umbrales de proximidad espacial entre los individuos y la localización de las actividades en el territorio en el que el uso de las TIC impacta con distinta intensidad sobre los niveles de accesibilidad espacial.

Los conceptos fundamentales de la geografía del tiempo se explican desde las trayectorias del espacio-tiempo. La trayectoria del espacio-tiempo (STP en voz inglesa) traza el movimiento de un individuo en el espacio y tiempo entre dos estaciones continuas. Las entidades denominadas estaciones son las localizaciones en el espacio donde las trayectorias pueden agruparse en el espacio y el tiempo (Figura 4). El conjunto de varias trayectorias transmite información sobre patrones y estructuras espaciotemporales más complejas de cada individuo. La entidad prisma de espacio-tiempo es una extensión de las trayectorias del espacio-tiempo. El espacio de trayectoria potencial (PPS en voz inglesa) es el interior del prisma y muestra todas las ubicaciones en el espacio y el tiempo que la persona puede ocupar durante un intervalo de tiempo libre, el cual se le denomina tiempo disponible. Este tiempo disponible es el intervalo de tiempo que un individuo puede utilizar a discreción para desplazarse en el espacio o participar de actividades en las distintas estaciones. La proyección del PPS sobre el plano bidimensional delimita el área de trayectorias potenciales (PPA en voz inglesa), las cuales son el conjunto de localizaciones geográficas a las que un

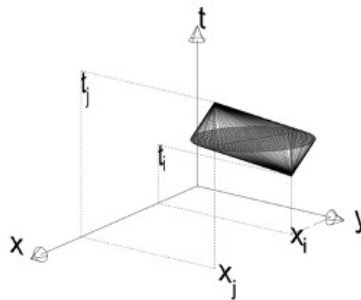
individuo puede acceder utilizando una fracción o la totalidad del tiempo que tiene disponible con tal finalidad.

Figura 3. Trayectoria espaciotemporal de la Geografía del Tiempo



Fuente: Elaboración propia a partir de las referencias recogidas en la sección 3

Figura 4. Prisma espaciotemporal de la Geografía del Tiempo



Fuente: Elaboración propia a partir de las referencias recogidas en la sección 3

En base a lo anterior, se desprenden una serie de herramientas analíticas para la operativización de los conceptos fundamentales de la geografía del tiempo. Burns (1979) y Lenntorp (1976) plantearon unas relaciones geométricas para el cálculo del PPA y del PPS, indicadas en la *Ecuación 1* y *Ecuación 2* respectivamente (Farber y Páez, 2011). En las relaciones geométricas indicadas, V es la velocidad de desplazamiento, y T y ds son el tiempo disponible y distancias espaciales entre dos estaciones consecutivas respectivamente. Cabe destacar que la formulación de estas relaciones geométricas puede variar según diferentes autores en la literatura. La forma adoptada en las relaciones geométricas del PPA y del PPS en este estudio tiene un término compuesto por el cociente de ds entre V y T; dicho cociente tiene una connotación importante en la metodología implementada. El producto de la velocidad de desplazamiento V y el tiempo disponible T resulta en una magnitud de distancia; esta magnitud representa aquella distancia entre estaciones que solo es posible recorrerla a cambio de ceder todo el tiempo disponible en ello, y por ende el PPA se convierte en una única trayectoria rectilínea. A esta distancia se le ha denominado separación máxima entre estaciones. Por consiguiente, el cociente adimensional antes mencionado se interpreta como el cociente de la separación entre estaciones y la separación máxima entre estaciones y se le ha denominado separación relativa entre estaciones y es una cantidad adimensional.

$$PPA = \frac{\pi}{4} V^2 T^2 \sqrt{1 - \left(\frac{ds}{VT}\right)^2} \quad , \quad 0 \leq \frac{ds}{VT} \leq 1 \quad \text{Ecuación 1}$$

$$PPS = \frac{T}{3} \left(1 - \left(\frac{ds}{VT} \right)^2 \right) PPA, \quad 0 \leq \frac{ds}{VT} \leq 1 \quad \text{Ecuación 2}$$

La Ecuación 1 resulta de interés particular debido a que, desde el enfoque clásico de la accesibilidad, el PPA es un indicador indirecto de los niveles de accesibilidad espacial existente. Explorar el efecto subyacente que tiene cada variable de la ecuación en la relación geométrica sobre el PPA permite identificar la existencia de los umbrales de proximidad espacial donde la participación en actividades se ve modificada y, por lo tanto, permite abordar la hipótesis de trabajo planteada en el apartado 1. En este sentido, la heurística para explorar los efectos de las variables en la Ecuación 1 consistió en dos pasos: i) proponer una función de sensibilidad de accesibilidad espacial a partir del concepto económico de la elasticidad de la demanda, estimando las “elasticidades” de las oportunidades existentes de realizar actividades en los espacios físicos; 2) identificar un procedimiento analítico consistente para obtener los umbrales de proximidad espacial a partir de los valores de la elasticidad de las oportunidades.

Para definir una relación analítica operativa para la elasticidad de las oportunidades, inicialmente se aborda el concepto económico de la elasticidad. La elasticidad es una medida adimensional de la sensibilidad de una variable a un cambio en otra variable, más comúnmente esta sensibilidad es el cambio en la cantidad demandada (u ofertada) en relación con los cambios en otros factores (Litman, 2021). Bajo el rigor analítico, la elasticidad se puede definir por la relación matemática expresada en la Ecuación 3. En esta relación matemática para una elasticidad $e_x(Q)$, Q se define como la variable susceptible a variación y x como el factor de influencia. De las entidades conceptuales de la geografía del tiempo y de las relaciones geométricas de la Ecuación 1, es posible explicar el PPA como variable susceptible en estudio y los términos V, T y ds como factores de influencia. De modo que se debe obtener un valor de elasticidad por cada factor de influencia (i.e., $e_V(PPA)$, $e_T(PPA)$ y $e_{ds}(PPA)$).

$$e_x(Q) = \frac{x}{Q} \frac{\partial Q}{\partial x} \quad \text{Ecuación 3}$$

Para identificar los umbrales de proximidad espacial mediante métodos analíticos, se realiza un análisis relacional entre los parámetros de elasticidad y la distancia relativa entre estaciones. La comparación entre ambos criterios numéricos resulta conveniente debido a que ambos son parámetros estandarizados y adimensionales, por lo que los umbrales encontrados, tendrían consistencia a cualquier escala de estudio. El análisis relacional se realiza mediante dos etapas: la primera consiste en una comparación descriptiva del comportamiento de cada elasticidad con respecto a la separación relativa entre estaciones; la segunda consiste en la comparación numérica.

4. RESULTADOS

4.1. La elasticidad de las oportunidades

En esta sección se consideran los resultados de la heurística propuesta para identificar la existencia de umbrales de proximidad espacial. La primera parte de los resultados responde a la formulación analítica de la elasticidad de las oportunidades. Se realizaron tres formulaciones analíticas donde se obtuvo la elasticidad del PPA con respecto a V, con respecto a T y con respecto a ds respectivamente.

4.2. Obtención de umbrales de oportunidad del espacio-tiempo

El siguiente apartado contiene el resultado del análisis relacional de las expresiones de elasticidad obtenidas con la distancia relativa entre estaciones. En la comparación descriptiva se plasman sobre ejes ortogonales cartesianos a cada parámetro de elasticidad con respecto a la separación relativa entre estaciones. El resultado del análisis relacional para la elasticidad de las oportunidades con respecto a la distancia máxima y la elasticidad de las oportunidades con respecto a la distancia entre estaciones son la Figura 5 y la Figura 6 respectivamente. En los gráficos se puede observar las tendencias monotónicas y la direccionalidad del comportamiento. Los valores de elasticidad $e_R(PPA)$ son monotónicamente positivos

a lo largo de todos los valores comparados con respecto a la separación máxima entre estaciones y el valor mínimo absoluto es 2. Esto implica que el PPA en todo momento es sensible a aumentar su magnitud conforme al incremento de la velocidad de desplazamiento o el tiempo disponible se incrementan, mientras que la separación entre estaciones d_s permanezca constante.

Por otro lado, Los valores de la elasticidad $e_{d_s}(PPA)$ son monotonicamente negativos y el valor mínimo absoluto es 0. En base a lo anterior, los resultados indican que elasticidad $e_{d_s}(PPA)$ es perfectamente inelástica cuando no existe desplazamiento a otra estación destino. En otras palabras, el PPA máximo se circunscribe por un área circular donde las estaciones de origen y de destino se sitúan en la misma ubicación espacial. En consecuencia, el valor del PPA decrece conforme al aumento de separación entre estaciones. Adicionalmente, la elasticidad $e_{d_s}(PPA)$ se vuelve negativamente elástica (i.e., $e_{d_s}(PPA) = -1$) cuando la separación relativa entre estaciones es de 70,7%. Esto implica que cuando las estaciones se encuentran separadas al valor antes indicado o más, el PPA es sensible a reducirse ante un cambio mínimo del valor de la separación relativa entre estaciones. Desde el enfoque de la accesibilidad espacial, se puede decir que cuando la separación relativa entre estaciones es superior a este umbral, se aumenta la probabilidad de pérdida de oportunidades de participar en las actividades en el espacio.

$$e_{d_s}(PPA) = \frac{\left(\frac{ds}{VT}\right)^2}{\left(\frac{ds}{VT}\right)^2 - 1}, \quad 0 \leq \frac{ds}{VT} \leq 1 \quad \text{Ecuación 4}$$

$$e_R(PPA) = 1 - \frac{1}{\left(\frac{ds}{VT}\right)^2 - 1}, \quad 0 \leq \frac{ds}{VT} \leq 1 \quad \text{Ecuación 5}$$

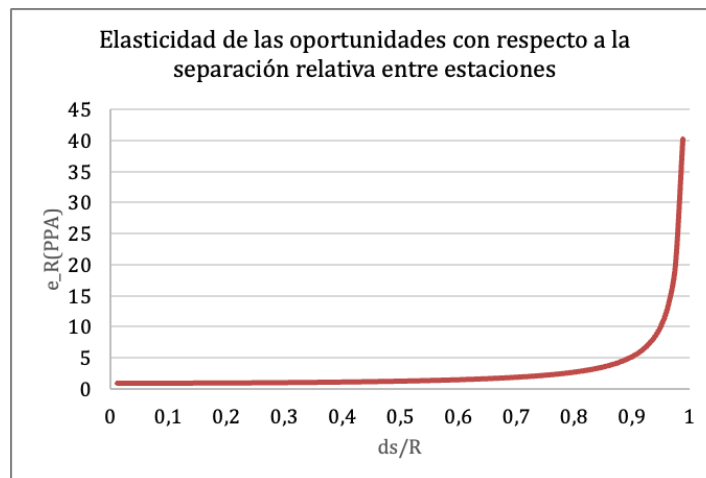
Hasta este punto, el análisis relacional entre la elasticidad y la distancia relativa entre estaciones ha se ha efectuado individualmente entre cada valor de elasticidad. Sin embargo, explicar la variación relativa entre estos permite distinguir que los comportamientos de las cifras de la elasticidad presentan distintos órdenes de magnitud, conforme si la distancia relativa se encuentra por debajo del umbral encontrado. Para observar el comportamiento relativo de ambas elasticidades se define una función en términos de la diferencia de $e_R(PPA)$ con respecto a $e_{d_s}(PPA)$. Dado que ambas elasticidades son simétricas, pero desfasadas en el eje vertical, se reajustarán las funciones para eliminar dicho desfase. Para considerar los efectos del orden de magnitud y cambios de curvatura, se aplicarán operaciones sucesivas de logaritmos de cada expresión resultante. El logaritmo de la primera expresión Figura 9 permite identificar los valores positivos de la diferencia. El segundo logaritmo aplicado a la diferencia de elasticidades (Figura 9) muestra en el tramo positivo un punto de corte con el eje x en el valor de 0,514. Aplicando un tercer logaritmo a la diferencia de elasticidades se obtiene un punto de corte en el eje x en el valor de 0,93167. Graficando estos dos valores, adicionalmente al umbral encontrado por el criterio de del valor elástico ($e_{d_s}(PPA) = -1$) se puede observar los umbrales teóricos del espacio-tiempo para la accesibilidad espacial.

5. CONCLUSIÓN

Esta investigación desarrolla un marco conceptual basado en la geografía del tiempo de Hägerstrand, con el objetivo de integrar la accesibilidad espacio-temporal y las TIC. Para ello, se utiliza un proceso metodológico basado en el concepto del análisis de elasticidad del área potencial de recorrido (PPA) para estimar los umbrales en los que las TIC aumentarían la accesibilidad espacio-temporal de los individuos. Los resultados muestran que la contribución de las TIC al conjunto de oportunidades disponibles, en compensación por la pérdida de PPA, cuando la distancia de viaje de una persona es inferior al 51,4% de la separación relativa entre estación es marginal. Se puede teorizar que en dicho umbral las TIC son percibidas por la población como una alternativa modal. Sin embargo, cuando los desplazamientos representan entre el 51,4%-70,71% de la separación relativa entre estaciones, las TIC ayudarían a incrementar moderadamente la accesibilidad espaciotemporal, debido a la pérdida de PPA. Finalmente, si

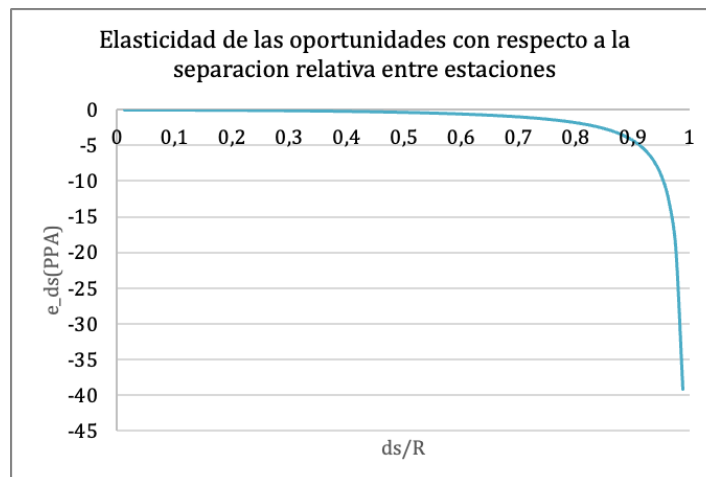
la separación relativa entre estaciones es mayor a 93,2%, la accesibilidad aportada por los elementos espaciales es teóricamente marginal, por lo que las TIC aumentarían significativamente el conjunto de oportunidades disponibles en dicho umbral mediante la participación por una teleactividad análoga sustitutiva. Aunque los resultados antes encontrados se enmarcan en un conjunto de limitaciones debido a la cantidad de premisas conceptuales y metodológicas adoptadas, la contribución realizada en este artículo radica en la necesidad de esclarecer los límites espaciotemporales de la accesibilidad espacial. Del mismo modo, se busca comprender el efecto de las TIC en la reconfiguración de la accesibilidad espacial. Podemos teorizar que dentro de estos umbrales existen características específicas en el conjunto de oportunidades disponibles, así como características de los itinerarios de movilidad presentado por los individuos. La evidencia provista sobre estos umbrales contribuye a reflexionar sobre la capacidad de la población de participar en actividades mediante las TIC y propone fundamentos sobre de los límites espaciotemporales y del concepto acuñado como accesibilidad aumentada.

Figura 5. Elasticidad de las oportunidades con respecto a la separación máxima entre estaciones



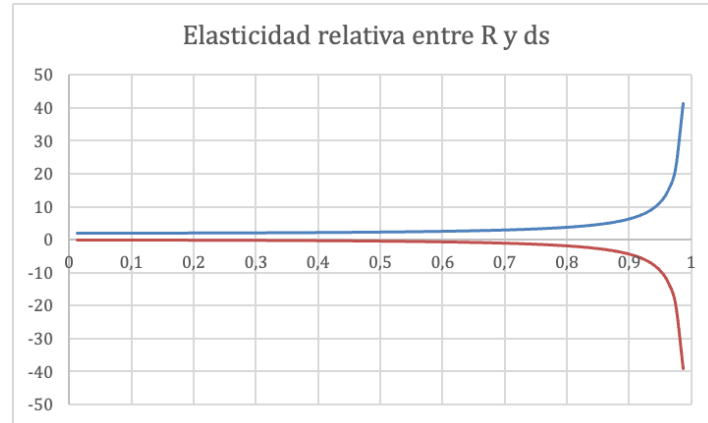
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en la sección 4

Figura 6. Elasticidad de las oportunidades con respecto a la separación entre estaciones



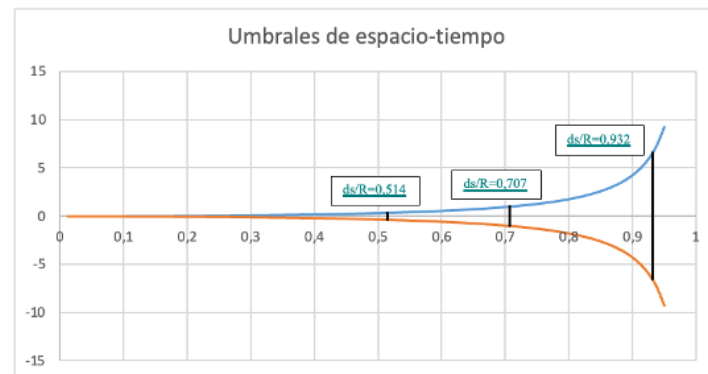
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en la sección 4

Figura 7. Elasticidad de las oportunidades con respecto a la separación entre estaciones



Fuente: Elaboración propia, a partir de los resultados obtenidos en la sección 4

Figura 8. Umbrales teóricos de espacio-tiempo



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en la sección 4

Agradecimientos: Este trabajo ha sido auspiciado por El Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la Universidad Politécnica de Madrid.

REFERENCIAS

- Arranz-López, A., Soria-Lara, J. A. (2022). ICT use and spatial fragmentation of activity participation in post-COVID-19 urban societies. *Land Use Policy*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106302>
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Cascetta, E., Cartenì, A., Montanino, M. (2016). A behavioral model of accessibility based on the number of available opportunities. *Journal of Transport Geography*, 51, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.11.002>
- Dadashpoor, H., Malekzadeh, N. (2022). Evolving spatial structure of metropolitan areas at a global scale: a context-sensitive review. *GeoJournal*, 87(5), 4335–4362. <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10435-0>
- Farber, S., Páez, A. (2011). Running to stay in place: the time-use implications of automobile oriented land-use and travel. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 782–793. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.09.008>
- Gössling, S. (2018). ICT and transport behavior: A conceptual review. *International Journal of Sustainable Transportation*, 12(3), 153–164. <https://doi.org/10.1080/15568318.2017.1338318>
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science? by Torsten Hägerstrand*. *Papers in Regional Science*, 66, 1–6.
- Handy, S. (2020). Is accessibility an idea whose time has finally come? *Transportation Research Part D*:

- Transport and Environment*, 83, 102319. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102319>
- Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Planning Association*, 25(2), 73–76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- Hjorthol, R., Gripsrud, M. (2009). Home as a communication hub: the domestic use of ICT. *Journal of Transport Geography*, 17(2), 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.11.007>
- Janelle, D. G., Gillespie, A. (2004). Space-time constructs for linking information and communication technologies with issues in sustainable transportation. *Transport Reviews*, 24(6), 665–677. <https://doi.org/10.1080/0144164042000292452>
- Kenyon, S., Lyons, G., Rafferty, J. (2002). Transport and social exclusion: investigating the possibility of promoting inclusion through virtual mobility. www.elsevier.com/locate/jtrangeo
- Konrad, K., Wittowsky, D. (2018). Virtual mobility and travel behavior of young people – Connections of two dimensions of mobility. *Research in Transportation Economics*, 68, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.11.002>
- Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>
- Lyons, G., Mokhtarian, P., Dijst, M., Böcker, L. (2018). The dynamics of urban metabolism in the face of digitalization and changing lifestyles: Understanding and influencing our cities. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 246–257. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.032>
- Miller, H. J. (2005a). A measurement theory for time geography. *Geographical Analysis*, 37(1), 17–45. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2005.00575.x>
- Miller, H. J. (2005b). Necessary space - Time conditions for human interaction. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(3), 381–401. <https://doi.org/10.1068/b31154>
- Pawlak, J. (2020). Travel-based multitasking: review of the role of digital activities and connectivity. *Transport Reviews*, 40(4), 429–456. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1728418>
- Siddiq, F., Taylor, B. (2021). Tools of the Trade?: Assessing the Progress of Accessibility Measures for Planning Practice. *Journal of the American Planning Association*, 87(4), 497–511. <https://doi.org/10.1080/01944363.2021.1899036>
- van Wee, B. (2016). Accessible accessibility research challenges. *Journal of Transport Geography*, 51, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.018>
- Wachs, M., Kumagai, T. G. (1973). Physical accessibility as a social indicator. In *Plan. Sci* (Vol. 7). Pergamon Press.
- Zhai, Q., Cao, X., Mokhtarian, P. L., Zhen, F. (2017). The interactions between e-shopping and store shopping in the shopping process for search goods and experience goods. *Transportation*, 44(5), 885–904. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9683-9>