

Prueba técnica

✓ Resumen

Se ha procedido a la confección de un modelo geográfico que permite cuantificar el grado de accesibilidad cultural de hasta 3 municipios ubicados en la provincia de Sevilla: Camas, Valencina de la Concepción y el propio municipio de Sevilla. Para ello nos basamos en la población y el tipo de servicio/equipamiento cultural en cada una de estas entidades poblacionales. No menos relevante ha sido la generación de isócronas en función del tiempo de viaje a pie establecido para cada servicio: museos, bibliotecas y centros culturales (puesto que la búsqueda de información espacial vinculada con teatros y/o auditorios no ha resultado satisfactoria), considerando el tramo de población de cada municipio. El resultado final no ha sido otro que la generación de un índice estandarizado que considera el área de las isócronas generadas junto con el área del núcleo de población siendo ajustado por el tamaño poblacional de cada uno de los municipios.

Municipio	Población
Valencina de la Concepción	7920
Camas	27645
Sevilla	684342

Figura 1. Valores poblacionales de los municipios.

✓ Fuentes de información

Se ha procedido a descargar información geográfica procedente del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/dega/datos-espaciales-de-referencia-de-andalucia-dera>)

- Término municipal: tipo poligonal en formato shapefile
- Núcleos de población: tipo poligonal en formato shapefile
- Museos: tipo puntual en formato shapefile
- Bibliotecas y centros culturales: tipo puntual en formato shapefile

Todos ellos poseen el sistema de referencia de coordenadas EPSG: 25830.

En última instancia, se consultaron en el Instituto Nacional de Estadística (<https://www.ine.es/>) los datos de población de los 3 municipios implicados en el presente análisis.

✓ Lenguaje de programación, software y API

Para la elaboración de este estudio hemos empleado el lenguaje de programación *Python* (v3.12) a través del empleo del software de código abierto *Jupyter Notebook*. Para la generación de isócronas ha sido fundamental el uso de la API *OpenRouteService* <https://openrouteservice.org/>. Cabe mencionar que en primera instancia se ha empleado el software *QGIS* (v.3.34) para la visualización de capas espaciales en aras de detectar de posibles anomalías en lo que a la geometría y sistemas geodésicos hacemos referencia.

Las librerías utilizadas son:

- geopandas → Para trabajar con datos geoespaciales.
- matplotlib → Para visualización de datos.
- pandas → Para manipulación de datos en tablas.
- requests → Para hacer solicitudes a la API de *OpenRouteService*.
- shapely → Para manejar geometrías (puntos, polígonos, etc.).
- tabulate → Para mostrar tablas de datos de forma más legible.

✓ Metodología

Una vez cargadas las correspondientes capas de información en el entorno de trabajo:

1. Clasificación de municipios por tamaño poblacional

En primer lugar llevamos a cabo una clasificación de los municipios en tres categorías diferentes: pequeño, mediano y grande. Esta clasificación es fundamental para el análisis de accesibilidad mediante isócronas combinadas, ya que los tiempos de viaje varían en función del tamaño del municipio y del tipo de equipamiento cultural analizado.

- Menos de 10,000 habitantes → "pequeño".
- Entre 10,000 y 49,999 habitantes → "mediano".
- 50,000 o más habitantes → "grande".

Su relevancia en el análisis de accesibilidad viene dada por la posibilidad de ajustar los umbrales de viaje en función del tamaño poblacional del municipio. Otro aspecto que destacar es la viabilidad de establecer criterios diferenciados para la evaluación de la accesibilidad a los distintos servicios culturales en entidades de población de distinto tamaño. Además, facilita el análisis comparativo entre municipios grandes, pequeños y medianos para detectar desigualdades en el acceso a equipamientos culturales.

2. Asignación de Tiempos de Viaje según el Tamaño del Municipio y el Tipo de Equipamiento Cultural

La siguiente tarea es la asignación de un tiempo de viaje (a pie) específico para cada municipio en función de su tamaño poblacional y el tipo de servicio cultural. Este paso es clave para la generación de isócronas combinadas en cualquier estudio de accesibilidad cultural.

Categoría de municipio	Bibliotecas	Museos
Pequeño (<10,000 hab.)	10 min	15 min
Mediano (10,000 - 49,999 hab.)	15 min	20 min
Grande (≥50,000 hab.)	20 min	25 min

Figura 2. Tiempos de viaje (a pie) establecidos.

Los tiempos de viaje se han definido en función de tres factores clave:

- **Tamaño del municipio:** Cuanto mayor es un municipio, más dispersa suele ser su población y más probable es que los equipamientos culturales estén alejados de ciertas zonas residenciales.
- **Tipo de servicio cultural:** Los museos suelen ser menos frecuentes que las bibliotecas y requieren un mayor desplazamiento medio.
- **Referencias normativas y estudios previos:** Se han tomado en cuenta estándares internacionales y estudios de accesibilidad a equipamientos en entornos urbanos y rurales. Cabría subrayar la Normativa de accesibilidad urbana (Ley de Accesibilidad Universal en España), los Estándares internacionales (OMS, ONU-Hábitat) sobre accesibilidad a equipamientos públicos y Estudios previos de accesibilidad cultural en Europa y Latinoamérica que establecen umbrales de viaje recomendados

3. Cálculo de los centroides de los núcleos urbanos

Esta parte de la metodología tiene como objetivo determinar los puntos representativos de los núcleos urbanos mediante el cálculo de sus centroides, asegurando que se utilicen los sistemas de referencia correctos para evitar distorsiones en la localización espacial.

Se emplean los núcleos urbanos en lugar de los centroides municipales porque reflejan con mayor exactitud la distribución de la población. Estos centroides calculados serán los puntos de partida para la generación de isócronas combinadas, ajustadas según población y tipo de equipamiento cultural.

4. Generación de Isócronas con OpenRouteService

Ha llegado el momento de calcular las isócronas de accesibilidad a pie en función del tiempo de viaje permitido según el tamaño del municipio y el tipo de equipamiento cultural. OpenRouteService es una API que proporciona isócronas basadas en diferentes modos de transporte, en este caso, desplazamiento a pie.

Esta API genera isócronas basadas en el tiempo de viaje desde un punto de origen, siguiendo la **red viaria real**. No se trata de un simple buffer radial, sino de un cálculo realista de accesibilidad, teniendo en cuenta las calles, caminos y restricciones de movilidad. La API devuelve un polígono isócrona que representa hasta dónde puede llegar una persona caminando durante un tiempo.

Es esencial obtener una clave de API (completamente gratuita efectuando un registro mediante correo electrónico) de cara a autenticar las solicitudes en OpenRouteService. La función para obtener una isócrona recibe la latitud y longitud del punto de origen junto con el tiempo máximo de viaje permitido (en minutos). Adicionalmente Se define la URL del servicio de isócronas para el modo de transporte “foot-walking” (a pie).

En cuanto a la solicitud es necesario definir una serie de parámetros:

- Localizaciones: Lista con coordenadas del punto de partida (en formato longitud, latitud).
- Rango: Define el tiempo máximo de viaje en segundos.
- Tipo de Rango: Se usa el valor "*time*" para generar isócronas basadas en tiempo de viaje en lugar de distancia.
- Unidades: Se especifica en metros.

Mediante esta parte del procedimiento se extrae la geometría de la isócrona, es decir, un polígono georreferenciado.

La isócrona combinada nos permite obtener una representación precisa del acceso combinado a los servicios culturales en función de los tiempos de viaje a museos y bibliotecas. Utilizar el tiempo máximo para ambas categorías garantiza que la accesibilidad se base en el tiempo más exigente, proporcionando un mapa de accesibilidad que refleja con exactitud la capacidad de los ciudadanos para acceder a servicios culturales dentro de un tiempo determinado.

La justificación de este paso en el análisis de accesibilidad viene dada por varias razones:

- Generación de Isócronas Basadas en Tiempo de Viaje

Se crean zonas de accesibilidad ajustadas a los tiempos de viaje definidos según el tamaño del municipio y el tipo de equipamiento cultural (bibliotecas o museos).

- Uso del Modo de Transporte Adecuado

Se usa "foot-walking" porque el estudio se centra en la accesibilidad peatonal a equipamientos culturales.

- Coherencia con la Metodología

Se usan los núcleos urbanos como puntos de partida, en lugar de los centroides municipales, para reflejar la ubicación real de la población.

En definitiva, esta implementación es puramente realista puesto que se ajusta a la infraestructura viaria y evita áreas inaccesibles. Obtenemos una mayor precisión reflejando el tiempo real de acceso en función del viario disponible. Del mismo modo se adapta a cada municipio: en zonas rurales con pocas calles las isócronas serán más restringidas mientras que en ciudades con buena conectividad peatonal las isócronas se extenderán más.

5. Calcular el Índice de Accesibilidad ponderado por población

Este punto de la metodología es de vital importancia ya que determina cuánto acceso tienen los habitantes de cada núcleo poblacional a equipamientos culturales (museos y bibliotecas). Se basa en la intersección entre las isócronas y los núcleos urbanos, ponderando por población.

El **Índice de Accesibilidad Cultural (IAC)** mide qué porcentaje del núcleo urbano está cubierto por las isócronas (es decir, cuánto del municipio es accesible a pie en el tiempo

máximo definido para bibliotecas o museos). Luego, este valor se divide por la población del núcleo, lo que ajusta la accesibilidad según el número de habitantes.

La fórmula matemática es:

$$IA = \frac{\text{Área de la isócrona dentro del núcleo}}{\text{Área total del núcleo}} \div \text{Población del núcleo}$$

Donde:

- Área de la isócrona dentro del núcleo: Es la superficie de la isócrona que se superpone con el núcleo urbano.
 - Área total del núcleo: Es el área del núcleo urbano completo.
 - Población del núcleo: Es el número de habitantes en ese núcleo.
- ¿Por qué se divide entre la población?
- Si un núcleo tiene más habitantes, pero la misma accesibilidad, el índice disminuirá, porque la accesibilidad se reparte entre más personas.
 - Si un núcleo tiene poca población, pero una isócrona grande, su índice será alto, indicando que pocas personas tienen mucho acceso.

El índice de accesibilidad se normaliza para que todos los valores estén en un rango de 0 a 1. Esto facilita la comparación entre municipios y la visualización en el mapa. La normalización asegura que el valor más alto en el índice de accesibilidad sea 1, lo que permite que se vean claramente las diferencias en accesibilidad entre los municipios.

En **conclusión**:

Este cálculo permite identificar desigualdades en el acceso cultural. Municipios con bajo IAC necesitan mejoras en infraestructura cultural.

Se usa la isócrona para calcular cuánta área accesible tiene cada municipio y se ajusta por población.

Este índice ayuda a tomar decisiones sobre futuras inversiones en bibliotecas y museos.

✓ Resultados

El siguiente mapa (Figura 3) muestra las isócronas de accesibilidad a museos y bibliotecas en todos los municipios analizados. La visualización incluye varios elementos clave que permiten comprender mejor la accesibilidad de cada municipio a estos servicios culturales.

Este mapa es útil para visualizar cómo varía la accesibilidad cultural (en términos de tiempo de viaje) entre diferentes municipios según su proximidad a museos y bibliotecas. Además, destaca la desigualdad en el acceso a servicios culturales entre los municipios más urbanos y los más rurales. Esto puede servir de base para la planificación de

infraestructuras culturales y para identificar posibles áreas que necesitan inversiones en servicios culturales.

Las isócronas combinadas, que toman en cuenta los tiempos de viaje máximos para servicios culturales como museos y bibliotecas, muestran cómo la ubicación y el tamaño del municipio afectan directamente la accesibilidad. Este análisis permite identificar áreas de desventaja que necesitan atención prioritaria.

En definitiva, este es un paso importante en el análisis, ya que proporciona una visualización clara de cómo el acceso a servicios culturales se distribuye geográficamente.

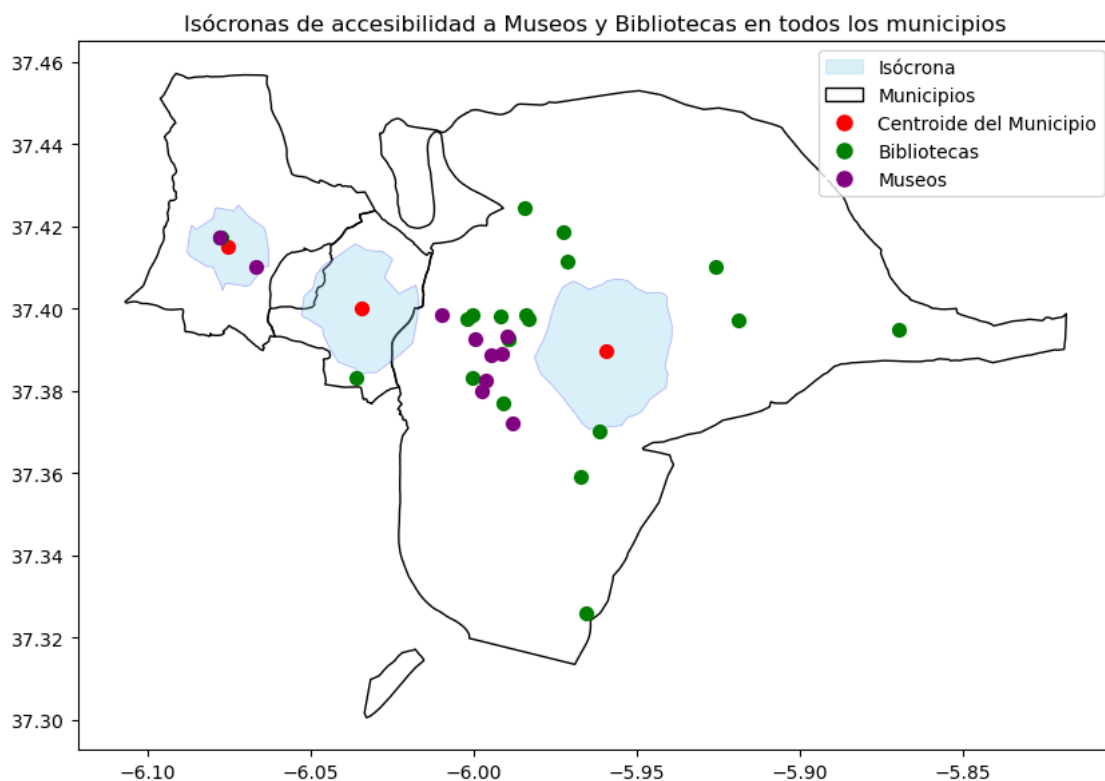


Figura 3. Mapa de accesibilidad cultural. De oeste a este los municipios son: Valencina de la Concepción, Camas y Sevilla.

Este mapa (Figura 4) y los valores del índice de accesibilidad (Figura 5) reflejan cómo la accesibilidad cultural varía entre los municipios de diferentes tamaños. Aunque Sevilla tiene más servicios culturales, su alta población reduce el índice de accesibilidad ponderado. Por otro lado, municipios más pequeños como Valencina de la Concepción tienen un acceso mucho más directo y, por lo tanto, un índice más alto.

Este análisis es útil para identificar qué municipios pueden necesitar más inversión en infraestructura cultural, ya sea ampliando la oferta de servicios culturales o mejorando el acceso a los mismos.

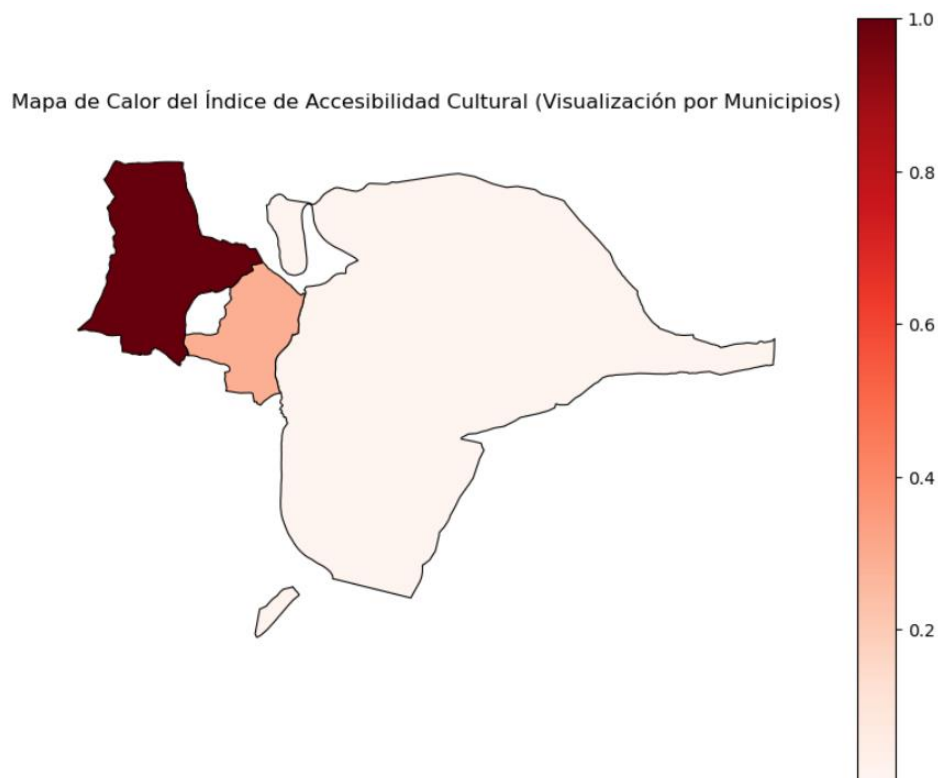


Figura 4. Mapa de calor de accesibilidad cultural. De oeste a este los municipios son: Valencina de la Concepción, Camas y Sevilla

- Valores del índice de accesibilidad:

Valencina de la Concepción: Tiene un índice de accesibilidad de 1, lo que significa que este municipio tiene la mejor accesibilidad a los servicios culturales en función del tiempo de viaje y la población.

Camas: Tiene un índice de 0.288, lo que indica que tiene una accesibilidad moderada en comparación con Valencina de la Concepción.

Sevilla: Tiene un índice de 0.003, lo que sugiere que, a pesar de contar con más servicios culturales (museos y bibliotecas), la accesibilidad general es baja debido a la mayor población, lo que genera un índice más bajo cuando se pondera por población.

Municipio	Población
Valencina de la Concepción	1
Camas	0.288
Sevilla	0.003

Figura 5. Índice de Accesibilidad Cultural.

Tan solo he de mencionar que este mapa y los valores del índice de accesibilidad reflejan cómo la accesibilidad cultural varía entre los municipios de diferentes tamaños. Aunque Sevilla tiene más servicios culturales, su alta población reduce el índice de accesibilidad ponderado. Por otro lado, municipios más pequeños como Valencina de la Concepción tienen un acceso mucho más directo y, por lo tanto, un índice más alto.

Este análisis es útil para identificar qué municipios pueden necesitar más inversión en infraestructura cultural, ya sea **ampliando la oferta de servicios culturales o mejorando el acceso** a los mismos.

✓ Desafíos

Un desafío técnico importante que enfrenté durante la generación de isócronas y el cálculo del indicador de accesibilidad cultural fue la calidad y precisión de los datos geoespaciales, específicamente relacionada con la precisión de los tiempos de viaje calculados mediante las isócronas.

Al trabajar con datos geoespaciales de municipios, núcleos de población y equipamientos culturales (museos y bibliotecas), uno de los problemas que surgió fue la coherencia y alineación entre las capas geoespaciales para el cálculo de las isócronas. La integración de datos de diferentes fuentes, como los centroides de los municipios, los límites de los núcleos de población y las ubicaciones de los servicios culturales, no siempre fue sencilla.

Otra dificultad fue obtener isócronas precisas utilizando la API de OpenRouteService. A pesar de tener tiempos de viaje bien definidos, las isócronas generadas a veces no se ajustaban a las expectativas, especialmente si las ubicaciones de los núcleos de población estaban cerca de áreas donde las redes de transporte eran escasas o difíciles de modelar.

Las **soluciones** fueron las siguientes:

- Alineación y Transformación del Sistema de Coordenadas:

Reproyección a CRS adecuado: Primero, aseguré que todas las capas de datos (municipios, núcleos y servicios culturales) estuvieran proyectadas en un sistema de coordenadas proyectado adecuado para cálculos de áreas y distancias, utilizando el CRS EPSG:3857, que está en metros. Esto me permitió trabajar con unidades lineales correctas para calcular áreas y generar isócronas sin distorsiones causadas por el uso de coordenadas geográficas.

Normalización de datos: Para garantizar la calidad de los datos, utilicé funciones como `.fillna()` para asegurar que no hubiera valores faltantes que pudieran interferir en los cálculos, especialmente en el campo de población, que era crucial para ponderar el índice de accesibilidad.

- Generación de Isócronas:

Para calcular las isócronas, utilicé la API de OpenRouteService con el parámetro `range_type="time"`, lo que me permitió obtener áreas accesibles dentro de un tiempo específico. Para resolver la incertidumbre de los resultados de isócronas en áreas de baja

cobertura, elegí optimizar el tiempo de viaje máximo basado en los diferentes tipos de servicios (bibliotecas y museos) y los tamaños de los municipios, usando el máximo de los dos tiempos de viaje.

Ajustes de precisión: En algunos casos, se ajustaron las isócronas generadas para asegurar que cubrieran áreas adecuadas, especialmente en municipios con una baja densidad de servicios culturales.

✓ Problemas relacionados con la eficiencia del cálculo

Al calcular áreas de isócronas dentro de cada núcleo poblacional, utilicé la función `geometry.intersection()` de Geopandas para asegurarme de que solo se tomara en cuenta el área de la isócrona que intersectaba realmente con el núcleo poblacional, evitando errores por áreas superpuestas o mal calculadas.

Para mejorar la eficiencia computacional, los cálculos de áreas de las isócronas dentro de los núcleos se realizaron utilizando operaciones vectorizadas de Geopandas, lo que permitió manejar grandes volúmenes de datos de forma más eficiente.

✓ Propuestas

Para mejorar la accesibilidad cultural en Valencina de la Concepción, Camas y Sevilla, es crucial consolidar y diversificar la oferta en Valencina, modernizando su infraestructura y fomentando la conexión con municipios vecinos; en Camas, expandir los espacios culturales, mejorar el transporte hacia centros culturales cercanos e impulsar programas de formación y digitalización; mientras que en Sevilla, donde la accesibilidad es más baja, se debe descentralizar la oferta llevando actividades a barrios periféricos, aprovechando espacios públicos, implementando bibliotecas móviles y facilitando subsidios para proyectos comunitarios. Además, la colaboración intermunicipal, la mejora en el transporte hacia eventos culturales y la digitalización del acceso a la cultura pueden potenciar significativamente el impacto de estas acciones.