

# TRABAJO FIN DE MÁSTER

## ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD PEATONAL EN LA CIUDAD DE ZARAGOZA: CASO DE ESTUDIO DE LOS DISTRITOS LA ALMOZARA, CASCO HISTÓRICO Y LAS FUENTES

***Autor: Vicente Ruiz Deza***

***Directora: María Zúñiga Antón***

**Máster Universitario en**

**Tecnologías de la información geográfica para la ordenación del  
territorio: sistemas de información geográfica y teledetección**

**Junio de 2023**



**Departamento de  
Geografía y Ordenación del  
Territorio**



## **Agradecimientos**

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Dra. María Zúñiga Antón y al Dr. Marcos Rodrigues Mimbreno por permitirme robarles parte de su tiempo cada vez que los he necesitado en este corto pero intenso viaje. De igual manera, merecen mi gratitud y cariño Ana, David y Adrián, que también han permitido que les robe un esposo y un padre durante varios meses.*

## **Resumen**

*Cada vez es mayor la preocupación que la sociedad muestra por temas relacionados con la integración o la accesibilidad en las calles de las ciudades. En este trabajo se propone cuantificar el nivel de accesibilidad de las aceras en la ciudad de Zaragoza. Se explica qué variables de la geometría urbana son más determinantes a la hora de facilitar la circulación de personas con movilidad reducida o con problemas de visión y se desarrollan protocolos de trabajo para automatizar la localización de zonas de difícil acceso y ponderar la gravedad de las deficiencias detectadas. Como zonas piloto para el análisis de resultados se eligen los tres distritos municipales de la margen derecha del río Ebro: La Almozara, Casco Histórico y Las Fuentes. Cada uno de ellos presenta distintas peculiaridades a nivel de desarrollo urbanístico desde sus orígenes, hecho que influirá en el desarrollo posterior de sus espacios urbanos y en las barreras arquitectónicas que presentan. Los resultados demuestran que un 22,5% de las calles del ámbito de estudio no cumplen la anchura mínima de paso exigible por distintos motivos. Solo un 2,3% presentan deficiencias relacionadas con bordillos sin rebajar en pasos de peatones, aunque, algunos de ellos, junto a hospitales y centros de salud. Este protocolo de trabajo no solo ha permitido encontrar las deficiencias, sino también priorizar en qué orden deberían de ser subsanadas.*

**Palabras Clave:** *barreras arquitectónicas, accesibilidad, movilidad, itinerario peatonal accesible, geografía urbana.*

## **Abstract**

*The increasing concern of society regarding integration and accessibility issues in city streets is evident. This study aims to quantify the level of sidewalk accessibility in the city of Zaragoza. It explains which variables of urban geometry are most influential in facilitating the movement of individuals with reduced mobility or vision impairments. Moreover, work protocols are developed to automate the identification of areas with difficult access and assess the severity of detected deficiencies. The three municipal districts on the right bank of the Ebro River, namely La Almozara, Casco Histórico, and Las Fuentes, are selected as pilot areas for analyzing the results. Each district exhibits distinct characteristics in terms of urban development since their origins, which have influenced the subsequent development of their urban spaces and the architectural barriers they present. The results demonstrate that 22,5% of the streets in the study area do not meet the minimum required width for pedestrian passage due to various reasons. Only 2,3% exhibit deficiencies related to curbs without lowered sections at crosswalks, although some of these deficiencies are located near hospitals and health centers. This work protocol has allowed not only the identification of deficiencies, but also to prioritise in which order they should be addressed.*

**Keywords:** *architectural barriers, accessibility, mobility, accessible pedestrian routes, urban geography.*

## Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Justificación del trabajo.....	4
1.2. Estado de la cuestión.....	4
2. OBJETIVOS.....	9
3. ÁREA DE ESTUDIO. CONTEXTO GEOGRÁFICO E HISTÓRICO.....	12
4. METODOLOGÍA.....	15
4.1. Descripción general.....	15
4.2. Anchura del itinerario peatonal accesible.....	15
4.2.1. Fuentes de datos de la cartografía base.....	15
4.2.2. Elección de los parámetros de referencia.....	17
4.2.3. Descripción del procedimiento para el cálculo del IPA.....	18
4.3. Rebajes de bordillo en pasos de peatones.....	22
4.3.1. Fuentes de datos de los pasos de peatones existentes.....	22
4.3.2. Distinción de los pasos de peatones por nivel de accesibilidad.....	22
4.3.3. Análisis y cartografía del área de estudio.....	23
4.4. Estado de conservación del pavimento.....	23
4.4.1. Fuentes de datos de incidencias en la vía pública.....	23
4.4.2. Análisis de la problemática del pavimento de acera.....	24
4.4.3. Visualización de patrones de los deterioros.....	24
4.5. Cartografía sintética para representación de la situación global de las calles.....	24
4.6. Implementación de herramientas y uso de los datos en el entorno municipal.....	25
4.7. Software utilizado.....	26
5. RESULTADOS.....	28
5.1. Anchura del itinerario peatonal accesible (IPA).....	28
5.1.1. La Almozara.....	28
5.1.2. Casco Histórico.....	31
5.1.3. Las Fuentes.....	32
5.2. Rebajes de bordillo en pasos de peatones.....	33
5.3. Estado de conservación del pavimento.....	35
5.4. Situación global de las calles de la zona de estudio.....	37
5.5. Implementación de la herramienta en el entorno municipal.....	38
6. DISCUSIÓN.....	39
7. CONCLUSIONES.....	46
8. BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXO I.....	52

## **1. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1. Justificación del trabajo**

El presente trabajo se centra en un estudio de accesibilidad peatonal urbana, entendida como la conjunción de factores que intervienen en la supresión de barreras arquitectónicas, y que persiguen que, tanto peatones como personas con movilidad reducida o problemas de visión, puedan desplazarse de un punto a otro de la ciudad sin tener que enfrentarse a obstáculos que impidan la circulación.

Se plantea el acercamiento a esta importante problemática social desde dos puntos de vista diferentes: como ciudadano sensibilizado y como técnico municipal a cargo de la Unidad de Responsabilidad Patrimonial, perteneciente al Servicio de Conservación de Infraestructuras del Ayuntamiento de Zaragoza. Este departamento, entre otros cometidos, se encarga del mantenimiento de los pavimentos de aceras y calzadas, así como de la eliminación de las barreras arquitectónicas.

### **1.2. Estado de la cuestión**

Las ciudades y su fisonomía han sido siempre reflejo de los acontecimientos sucedidos en cada época. Por una parte, las dos guerras mundiales sufridas durante la primera mitad del siglo XX dejaron a su paso por las ciudades europeas un panorama devastador (Aracil et al., 1998). Ciudades destruidas y grandes problemas para conseguir una vivienda. Fueron muchos los que perdieron sus hogares y aquellos que los mantuvieron vivían en condiciones insalubres. Fruto de esta insostenible situación, a partir de 1950 se observa cómo las ciudades crecen a un ritmo desenfrenado con el claro objetivo de construir viviendas suficientes para todos, un urbanismo funcional condicionado por la necesidad de alojar a las masas obreras que debían colaborar en una urgente reconstrucción (Relinque, Vázquez y Fernández, 2019). En España, la guerra civil tuvo el mismo efecto sobre nuestras ciudades (Díaz, 2002). De igual forma, los cambios en el sistema productivo que llevaron a la pérdida de peso del sector agrario frente al industrial, motivaron la salida de miles de personas de los entornos rurales y la llegada a los espacios urbanos. El crecimiento de las metrópolis durante la segunda mitad del siglo XX, coincide con el traslado de las actividades industriales fuera del entorno urbano (Andrés López, 2019), hecho que fue incrementando paulatinamente el tiempo que debían emplear los trabajadores en llegar al lugar de trabajo. El coche fue ganando presencia y las calles se adaptaron a los requerimientos de este rápido e innovador medio de transporte. Décadas más tarde estamos sufriendo la herencia de esa dependencia del automóvil (López de Lucio, 1993) con ciudades colapsadas por el tráfico.

En las últimas dos décadas se está asistiendo a un replanteamiento del modelo de ciudad (Lazaroiu y Roscia, 2012) buscando que sean espacios más habitables y amables. Cada día se intensifican las campañas de promoción del transporte público, las energías renovables son motivo de discusión en cada vez más foros, y se aprecia una creciente sensibilización para con aquellos que sufren dificultades funcionales o problemas de visión.

Originalmente, la distribución de las calles respondía a un patrón muy simple. Las aceras, espacios laterales para el tránsito peatonal, se diferenciaban claramente de las calzadas, zonas reservadas para la circulación de vehículos, incluso con la separación física de bordillos de hormigón que servían como encintado para salvar el desnivel entre ambas plataformas. La progresiva transformación del modelo de ciudad, así como la creciente sensibilización ante las demandas sociales por universalizar el uso de la vía pública, han provocado la aparición de nuevos conceptos urbanos. Muchas calles, especialmente en los centros de las ciudades, son remodeladas con el fin de que el peatón gane espacio a los vehículos. Aparecen conceptos como “itinerario peatonal accesible” (IPA), zona peatonal libre de obstáculos junto a la línea de fachada (Figura 1), o “plataforma única”, entendida como un modelo de calle en el que desaparece el desnivel entre acera y calzada.



**Figura 1.** Representación Itinerario Peatonal Accesible (IPA). Fuente: Guía accesibilidad (MITMA)

Organismos internacionales se han hecho eco de la necesidad de establecer una serie de criterios comunes que ayuden a crear un entorno urbano universal, accesible para todos. La aprobación en 2015, por parte de todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas, de los

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) supuso un hito y un gran avance en este campo, así como en muchos otros relacionados con la lucha contra la pobreza, el fomento de las igualdades y la protección del planeta. De los 17 objetivos que conforman el documento, el Objetivo 11 se centra en “lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles” (ONU, 2015). La publicación de la Nueva Agenda Urbana de las Naciones Unidas (ONU, 2016) supondrá un impulso más en la misma línea, ya que incide en la importancia de una urbanización bien planificada y gestionada para alcanzar los ODS (Figura 2).



**Figura 2:** Principios de actuación referidos al área de movilidad y transporte en las ciudades en la Agenda Urbana de Naciones Unidas. Fuente: Nueva Agenda Urbana.

Ya en 2007, la Organización Mundial de la Salud defendía que una ciudad accesible fomenta el envejecimiento activo, incidiendo en que aceras angostas, mal mantenidas o con bordillos elevados son un riesgo para las personas mayores que transitan a pie (World Health Organization, 2007). La Comisión Europea, por su parte, apuntaba el hecho de que cada año se incrementan los accidentes en entorno urbano, siendo peatones y ciclistas las principales víctimas. Señalan que infraestructuras de calidad o una buena pavimentación son, entre otros, elementos vitales para reducir estas cifras (Libro Verde, 2007).

Comienzan a desarrollarse en el ámbito europeo documentos que intentan establecer una serie de principios de actuación y criterios constructivos que faciliten el uso peatonal de las ciudades, y, especialmente, que ayuden a la eliminación de las barreras arquitectónicas.

La Agenda Urbana Española (MITMA, 2019) persigue hacer de “nuestros pueblos y ciudades ámbitos de convivencia amables, acogedores, saludables y concienciados” esforzándose, a su vez, por lograr la mayor confluencia posible con las líneas marcadas por la Nueva Agenda Urbana de Naciones Unidas (ONU, 2016) y por la Agenda Urbana para Europa (European Commission, 2016) (Hernández-Partal y de Santiago-Rodríguez, 2019).

En la misma línea, uno de los textos de mayor relevancia en este sentido es la Orden TMA/851/2021, que establece una serie de directrices sobre accesibilidad a nivel estatal. La

mencionada Orden recoge el testigo de la anterior Orden VIV/561/2010, en un intento por actualizarla y mejorar los parámetros que nos acerquen a la accesibilidad universal.

Son pocas las ciudades españolas que no se han sumado a la creación de planes de accesibilidad. Cabe destacar el documento redactado por el Ayuntamiento de Barcelona y que incide en el concepto de las supermanzanas, grandes zonas pacificadas en cuyo interior se fomentan los desplazamientos peatonales, e incluso plantea rutas escolares seguras en las que el alumnado pueda desplazarse al centro educativo sin la necesidad de ir acompañados por adultos (Ayuntamiento de Barcelona, 2015).

La irrupción del vehículo motorizado por nuestras calles ha supuesto una transformación radical en nuestra forma de entender el concepto de movilidad. Los ciudadanos hemos tenido que interiorizar que cada vez que salimos a la calle, o lo que es peor, que cada vez que salen a la calle nuestros hijos o nuestros mayores, se está asumiendo un riesgo (Nebot Beltrán, 2020).

Surgen conceptos como el del “calmado del tráfico”, es decir, la necesidad de generar las condiciones ideales para que se faciliten los desplazamientos peatonales. Entre otras estrategias se defiende el potenciar el atractivo paisajístico, la calidad ambiental (ruido y contaminación), seguridad y comodidad en cruces de peatones en las intersecciones de las calles, señalización adaptada para todos los colectivos, o pavimentación e iluminación armoniosos, por citar algunas de las más destacadas (Sanz Aldúan, 2008). Por supuesto, este concepto queda estrechamente enlazado con el modelo de la “ciudad de los 15 minutos” (Moreno, 2020), a partir del que han surgido interesantes trabajos académicos, alguno de ellos, en la línea del presente documento, con la ciudad de Zaragoza como área de estudio (Quílez Aznar, 2021).

Uno de los problemas más importantes a la hora de emprender modificaciones integrales de las geometrías urbanas de nuestras ciudades es que, en gran cantidad de ellas, no existen concejalías específicas dedicadas a temas de accesibilidad, y en ocasiones han sido tareas dependientes del terreno de la igualdad o del bienestar social en lugar de depender de los departamentos encargados de la planificación urbanística (Blanco Velasco, 2022).

El Ayuntamiento de Zaragoza, como garante de la mejora y mantenimiento de los espacios públicos de la ciudad, se aplica en la tarea de la redacción de documentos, y fruto de ese trabajo es la recientemente aprobada Ordenanza de Accesibilidad del Municipio de Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, 2023), que, en algunas cuestiones, es incluso más restrictiva que la mencionada Orden TMA/851/2021, de nivel nacional. También desde el Consistorio surgen otros documentos como la revisión del Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Zaragoza, que, ya desde sus primeras páginas, afirma que en un día laborable se producen hasta 794.060 viajes

peatonales por nuestras calles. Según esta publicación, los paseos relacionados con la salud y el bienestar, desplazamientos al centro de estudios, recorridos relacionados con el ocio, con la asistencia al puesto de trabajo o la compra diaria son, en ese orden, los principales motivos que nos llevan a invadir las aceras cada día (Ayuntamiento de Zaragoza, 2019).

En el ámbito académico, en los últimos años, también se han redactado diversos trabajos que abordan la accesibilidad de distintas zonas de la ciudad de Zaragoza. En este sentido, se han tratado temas como el análisis del transporte público en el barrio de Las Fuentes (Navarro Martínez, 2021), o la accesibilidad y movilidad en el distrito Delicias (Calavia Valdovinos, 2022). Otros destacan la promoción del mapeo colaborativo, del aprovechamiento de iniciativas voluntarias para elaborar cartografías de elementos que dificultan la movilidad de los ciudadanos (Orte Sierra, 2019).

La problemática de la accesibilidad puede ser abordada, como acabamos de ver, desde muy diferentes aspectos. El trabajo que proponemos, como intentaremos mostrar a lo largo de la redacción de esta memoria, no es sino otro de los acercamientos posibles a una disciplina que cada vez adquiere más importancia en la sociedad actual.

## **2. OBJETIVOS.**

El presente trabajo tiene como objetivo general el análisis de la accesibilidad peatonal, entendida como el nivel de optimización de las diferentes calles a la hora de favorecer la movilidad universal de todos los ciudadanos por el entramado urbano de las aceras.

Se ha seleccionado una zona piloto de la ciudad de Zaragoza compuesta por tres distritos para aplicar el análisis, y se pretende desplegar una serie de herramientas incluidas en aplicaciones de gestión de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se tiene la finalidad de automatizar, en la medida de lo posible, la localización de los puntos de la ciudad que no cumplen con la normativa vigente. También se pretende sintetizar el grado de accesibilidad mediante estadísticas descriptivas y cartografías, a partir de datos existentes relacionados con la accesibilidad peatonal urbana. Las peculiaridades que presentan las distintas variables que intervienen en la determinación de la accesibilidad de las aceras hace que se considere necesario establecer una serie de objetivos específicos.

### **Objetivo específico 1. Caracterizar el itinerario peatonal accesible (IPA)**

Se identificarán las zonas de las aceras que no cumplen la normativa vigente en cuanto a la anchura del itinerario peatonal accesible. Se emplearán herramientas incluidas en las aplicaciones SIG con el fin de automatizar la obtención de dichas deficiencias y de cuantificar sus magnitudes. También se implementarán los procesos necesarios para conocer si las deficiencias son causadas por la propia geometría de la acera, o bien por estrechamientos puntuales ocasionados por el arbolado o por las farolas, estableciendo tres niveles de gravedad de las incidencias, tanto en cuanto, en cada uno de los casos la posible solución es diferente, como distinto es el nivel de dificultad a la hora de sortear la zona en conflicto.

Fuera del análisis del IPA han quedado señales de tráfico, postes de semáforos, bancos, hitos, papeleras y multitud de elementos más que pueblan las calles, ya que suelen disponerse alineados con los alcorques (espacios encintados por bordillos de hormigón que sirven de alojamiento para los árboles distribuidos por las aceras) o farolas, o bien se sitúan en los sobreamanchos que suelen tener las aceras en las intersecciones de unas calles con otras.

### **Objetivo específico 2. Analizar los rebajes de bordillo en pasos de peatones.**

El segundo de los objetivos específicos se centrará en el análisis de los rebajes de bordillo en pasos de peatones para el cruce de calzada. Se establecerá una clasificación de los mismos respondiendo también a tres niveles de cumplimiento de las directrices impuestas por la normativa de accesibilidad. De este modo, se hará una primera distinción entre pasos para cruces

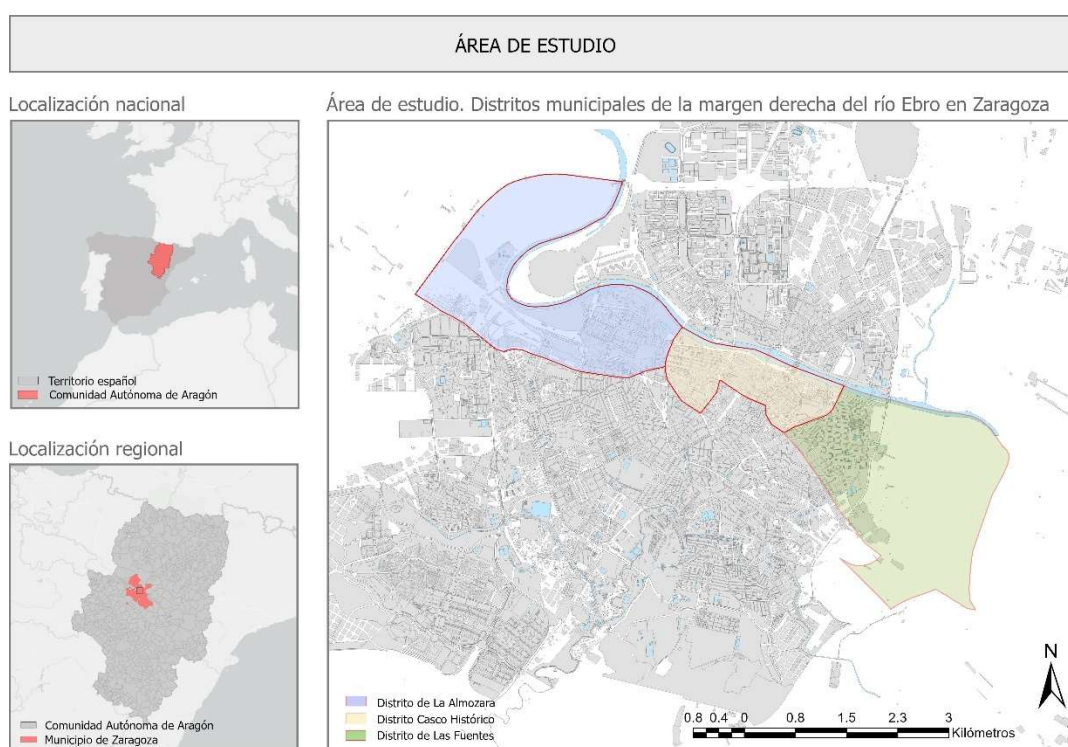


académico y no quede restringido al contexto de unos estudios de postgrado. Se pretende elevar al terreno práctico todos los procedimientos que serán descritos al hablar de la metodología empleada. Conocer qué puntos de la ciudad presentan una mayor problemática puede suponer un gran avance, pero parece insuficiente. Se pretende establecer los protocolos de actuación necesarios para optimizar los muchas veces escasos recursos disponibles. Si no se puede reparar todo en un corto periodo de tiempo, debe intentarse reparar primero lo más urgente, como no debería ser nunca de otra manera.

La accesibilidad peatonal urbana incluye elementos que han quedado fuera de este estudio. Semáforos dotados de sistemas sonoros, señalización de alto contraste o con elementos táctiles, o incluso mejoras en las luminarias de muchas zonas urbanas que quedan en penumbra, por poner algunos ejemplos. Este trabajo se centra en aquellos temas directamente relacionados con las geometrías de las aceras y los principales elementos que modifican sus recorridos.

### 3. ÁREA DE ESTUDIO. CONTEXTO GEOGRÁFICO E HISTÓRICO

El ámbito geográfico del presente trabajo es la ciudad de Zaragoza, que ha seguido los mismos patrones de crecimiento ya mencionados de otras ciudades españolas y europeas, con un crecimiento rápido y desordenado en los años centrales del siglo XX. La ciudad no quiere quedarse atrás en el intento de convertir sus calles en zonas enfocadas a facilitar el tránsito peatonal, adaptando sus geometrías para beneficio de todas las personas. Nos centraremos de forma más específica en una franja urbana que recoge los tres barrios que conforman la margen derecha del río Ebro: La Almozara, Casco Histórico y Las Fuentes (Figura 4).



**Figura 4.** Zona de estudio (margen derecha del río Ebro). Fuente: elaboración propia

La distinta evolución de los tres barrios, desde sus inicios, permitirá un particular acercamiento a la problemática de la accesibilidad y entender de qué modo estos rasgos distintivos han influido en la fisonomía de dichas zonas y en las posibles soluciones que deben adoptarse en cada caso concreto. Para comprender mejor la idiosincrasia actual de estos distritos hay que remontarse a sus orígenes. No se puede entender el presente sin indagar, aunque sea mínimamente, en el pasado.

Constituido en sus orígenes por una importante área agrícola, el distrito de La Almozara se extiende al oeste de la ciudad, en la margen derecha del Ebro. A finales del siglo XIX se produjeron dos acontecimientos que determinaron el desarrollo urbano de la zona: la construcción del puente del ferrocarril sobre el río Ebro, en 1870, y el asentamiento de la industria Química en 1898, hecho que contribuiría a que el barrio fuese conocido durante décadas como

La Química. La acequia de La Almozara, que dará nombre oficial al barrio, establecía los límites entre la zona agrícola y la urbanizada. A finales de los 50 y durante los años 60, la zona recibe una fuerte inmigración, y surgen casas de planta baja que servirían como sede de pequeñas industrias o manufactureros (Adiego et al., 1981b). Fruto de ello, nos encontramos con un barrio contaminado, con aceras deficientes, sin señalizaciones, pocos espacios verdes y apartado de los barrios vecinos. Muchas ciudades sufrieron esa fragmentación geográfica y social, lo que suponía la ruptura con el ideal desarrollo armónico de las ciudades (Guzmán-Ramírez y Hernández-Sainz, 2013). La presión vecinal de las décadas finales del siglo XX desencadenó la desaparición de la industria química. El barrio se enlaza con Las Delicias y se planifica el acceso urbano del puente de la Almozara. Los nuevos terrenos ganados a la industria, tras su necesaria descontaminación, permitieron planificar un urbanismo moderno con avenidas amplias, zonas verdes y modernos edificios. El desarrollo del barrio del AVE y la innovadora Milla Digital van a hacer que la zona se convierta en un referente para la Zaragoza del nuevo siglo (García Gómez, 2009). Tanto esta zona en expansión como la gran superficie agrícola que todavía existe en el distrito no representan ninguna relevancia para el análisis previsto en el presente estudio.

El Casco Histórico, parte más antigua de la ciudad, se define por una gran presencia de calles estrechas, quedando su contorno limitado por amplios viarios. Paseo Echegaray y Caballero, Paseo de María Agustín, calle Coso y Camino de las Torres lo separan del resto de distritos. Gran parte de su entramado de calles se extiende a partir de lo que fuera la antigua ciudad romana amurallada, estructurada mediante dos ejes perpendiculares, la calle de Don Jaime, que según algunos autores podría coincidir con el *Cardus*, y la calle Mayor como antiguo *Decumanus* (Adiego et al., 1981a). Este sistema viario dividiría la ciudad en cuatro cuadrantes en torno al río Ebro y al que sería el puente de Piedra. A pesar de incendios y reconstrucciones producidos a lo largo de los siglos, el desarrollo caótico de la zona sigue marcando la geometría de las estrechas calles que se reparten por el Casco Histórico. Estas peculiaridades impiden, en gran medida, la aplicación de las mismas soluciones que, en aras de la accesibilidad, se han aplicado en otros barrios de la ciudad.

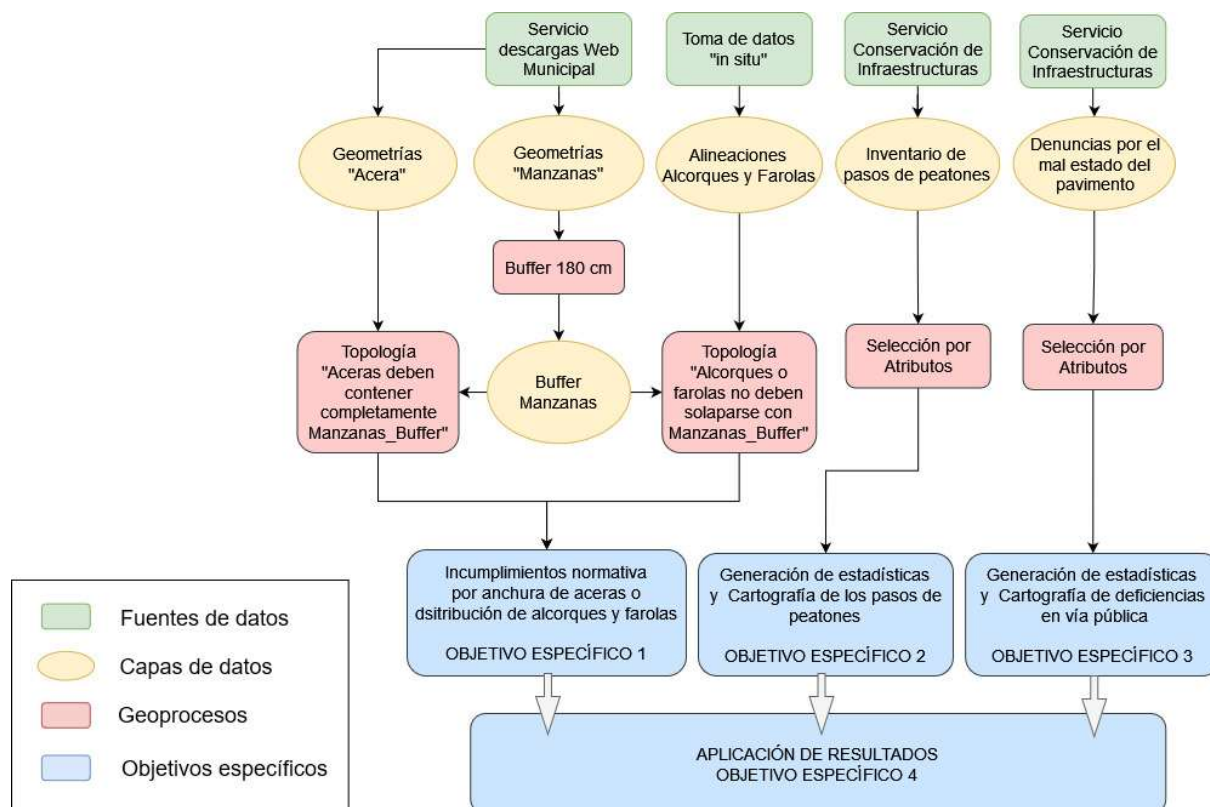
El último de los distritos que forman parte de este trabajo es el barrio de Las Fuentes, cuyo origen se remonta a los años 50 para acoger a miles de migrantes aragoneses, muchos de ellos procedentes de zonas rurales turolenses, que buscaban una oportunidad en la gran ciudad. Esto supuso una acelerada expansión durante las décadas de los 60 y 70, y un resultado urbanístico alejado de convertirse en un lugar confortable para sus recién llegados habitantes. Surgieron conjuntos de viviendas sociales de reducidas dimensiones que fueron sufriendo las consecuencias del paso del tiempo y de la falta de mantenimiento. Algunos grupos, como el

Grupo Girón, están siendo rehabilitados (Cervero Sánchez, 2011). Paralelamente, poco a poco se van ampliando las calles más importantes, siendo de especial relevancia la renovación de la avenida Compromiso de Caspe, que se ha convertido en el centro neurálgico del barrio.

## 4. METODOLOGÍA.

### 4.1. Descripción general

En el siguiente esquema metodológico puede verse el flujo del procedimiento seguido para la consecución de los resultados buscados (Figura 5).



**Figura 5.** Esquema metodológico. Fuente: elaboración propia

Con el objeto de cumplir los propósitos establecidos, se empleará tanto información publicada por el Ayuntamiento de Zaragoza, accesible desde el servicio de descargas de su página web oficial, como datos cedidos por el Servicio municipal de Conservación de Infraestructuras. También ha sido necesaria la toma de algunos datos sobre el terreno con el fin de conseguir que los resultados obtenidos sean lo más precisos posible. A partir de la información recogida de diversas fuentes, tanto ajenas como propias, se pretende obtener, de la forma más automatizada posible, una rápida y fiable representación del nivel de accesibilidad peatonal de la zona de estudio.

### 4.2. Anchura del itinerario peatonal accesible.

#### 4.2.1. Fuentes de datos de la cartografía base.

Para el cálculo del IPA se emplearán tres de los niveles (capas) obtenidos de la cartografía municipal a escala 1:500, desarrollada por el Servicio de Información Geográfica del Ayuntamiento de Zaragoza, y que se elaboró a partir de toma de datos sobre el terreno con

sistemas de topografía tradicional (estaciones totales), por lo aportan una precisión óptima para los resultados pretendidos. Los ficheros descargados en formato CAD (.dxf) están formados por decenas de niveles diferentes, pero sólo algunos de ellos son necesarios para el despliegue de las herramientas que van a ser empleadas:

- Capa que incluye las entidades que representan las aceras.
- Capa de las manzanas que muestra las alineaciones de fachadas, solares o parques delimitados por la parte interior de las aceras.
- Capa con los parterres o jardineras en zonas de acera

Con esos datos ya podría calcularse el IPA de todas aquellas calles que no tienen arbolado ni columnas de alumbrado ancladas al suelo (las luminarias de muchas calles están soportadas por brazos anclados a las fachadas), ya que en este tipo de calles la anchura de acera coincide con el itinerario peatonal accesible. Para el resto de calles, es necesario conocer la disposición de farolas y alcorques, así como sus dimensiones.

La cartografía municipal cuenta con una capa de datos que representa el arbolado, pero son los alcorques los que limitan el IPA, y estos no aparecen reflejados. También cuenta con una capa para las luminarias, pero carece de la precisión necesaria para saber el lugar que ocupa la columna que las soporta, y las dimensiones de estas a nivel del pavimento. Estos dos aspectos hacen que sea necesario un trabajo de campo previo para digitalizar los elementos de ambas capas, alcorques y farolas, indispensables para conocer el IPA del resto de calles.

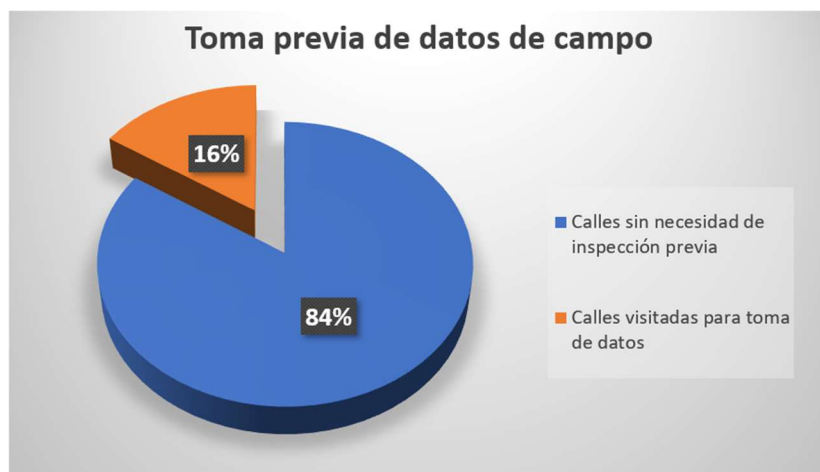
Se emplean las capas de arbolado y farolas de la cartografía municipal para determinar qué calles deben de ser revisadas. Finalmente se han inspeccionado 77 calles (Tabla 1), ya que se desestima visitar plazas, avenidas, calles de reciente ejecución (ejecutadas bajo las directrices de la normativa vigente), y, como es obvio, todas aquellas que carecen de arbolado o cuyas luminarias están ancladas a las fachadas, como en gran parte del Casco Histórico.

**Tabla 1.** Calles visitadas como trabajo de campo previo en cada distrito. Fuente: elaboración propia

<b>Junta de distrito</b>	<b>Número total De calles</b>	<b>Calles visitadas para Croquizar alcorques</b>	<b>Calles visitadas para croquizar farolas</b>
Casco Histórico	267	15	16
La Almozara	100	10	11
Las Fuentes	125	13	12
<b>Sumatorios</b>	<b>492</b>	<b>38</b>	<b>39</b>

Esto se traduce en que tan solo haya tenido que ser inspeccionado un 16,65% del total de calles del área de estudio (Figura 6). Se imprimen en papel planos con dichas calles y se toman apuntes sobre el terreno del emplazamiento de los elementos necesarios. La toma de datos es

rápida, ya que, en las calles que coexisten alcorques y farolas, sólo es relevante aquel cuyo límite está más próximo a fachada, normalmente el alcorque. Además, en la mayoría de los casos, los alcorques están unidos al bordillo que separa acera y calzada, con lo que sólo hay que tomar medidas en los excepcionales casos en que esto no se cumple.



**Figura 6.** Porcentaje de calles inspeccionadas para la toma de datos previos de alineación de alcorques y farolas. Fuente: elaboración propia.

No es el propósito de la inspección el cartografiar todos los alcorques ni todas las farolas por lo que, de cada calle revisada, sólo es necesario anotar la alineación y dimensiones de estos. Digitalizando dos o tres entidades por manzana es suficiente para generar las capas necesarias para aplicar los procesos previstos.

#### 4.2.2. Elección de los parámetros de referencia.

Para el procedimiento metodológico se toma como referencia de anchura de paso libre necesaria el 1,80 m. que marca la Orden TMA/851/2021, y que coincide con la anchura que también indicaba la ordenanza municipal hasta la publicación de su reciente revisión en marzo de 2023 (se hace más restrictiva y se amplía hasta los 2,00 m.), ya que, hasta ahora, todos los proyectos de ejecución municipales se habían guiado por dicha medida.

Debemos tener en cuenta que, en ocasiones, alcorques y farolas convierten una acera con suficiente anchura en un itinerario peatonal que incumple las prescripciones de accesibilidad. No se pretende una precisión milimétrica de resultados, sino una estimación de los puntos conflictivos que sirva para detectar qué zonas representan un verdadero problema para personas con movilidad reducida o con problemas de visión.

#### 4.2.3. Descripción del procedimiento para el cálculo del IPA.

Los niveles elegidos de los ficheros CAD descargados (.dxf) serán convertidos a formato Shapefile (SHP), pues es uno de los tipos de archivo que pueden ser usados para aplicar los geoprosesos necesarios. De esta forma, se obtienen las siguientes capas:

- Aceras (Capa vectorial de entidades de tipo polígono)
- Parterres o jardineras en zonas de acera (Capa vectorial de entidades de tipo polígono)
- Manzanas o edificios (Capa vectorial de entidades de tipo polígono)
- Distritos (Capa vectorial de entidades de tipo polígono)

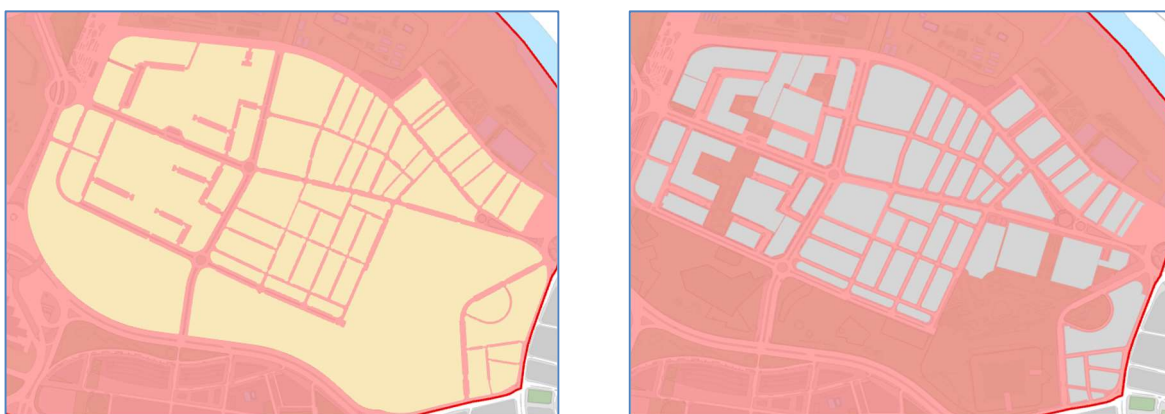
Incluiremos, además, los alcorques y farolas necesarios para determinar el IPA de las aceras que incluyan dichos elementos, y cuyo emplazamiento ha sido tomado *in situ* durante varias jornadas de trabajo de campo, creando con estos datos nuevas capas que se añadirán a las descargadas.

Se han distribuido las carencias de la anchura del itinerario peatonal accesible en tres grupos diferentes, considerando, no solo que cada uno presenta distinta gravedad para el usuario que debe enfrentarse a él, sino también que cada uno de ellos, debido a su distinta naturaleza, puede ser solucionado de manera diferente:

- El primero, considerado el más grave, se da cuando la anchura de acera es menor de 1,80 m. Cuanto más estrecha sea más gravedad presenta (véase Imagen 1 en Anexo I), y no hay más solución que ampliar aceras o elevar toda la calle a plataforma única, dando prioridad a los peatones.
- El segundo grupo se presenta cuando una acera tiene anchura suficiente para cumplir la normativa pero se han dispuesto alcorques o parterres para el arbolado, por lo que la anchura del IPA se reduce por debajo de 1,80 m. Se considerará de gravedad media a este supuesto, tanto en cuanto, los alcorques se suelen distribuir cada 5 metros, por lo que quedan espacios con anchura suficiente para que, en caso de un eventual cruce entre personas con sillas de ruedas, andadores o sillas de bebé, puedan ser usados para el paso.
- El tercer grupo, de gravedad leve, estaría formado, como en el caso anterior, por calles de suficiente anchura, pero cuyas luminarias han sido dispuestas en columnas ancladas al suelo, reduciendo también el IPA por debajo de 1,80 m. Teniendo en cuenta que estos elementos, en función de su altura y tipología, se suelen distribuir cada 20, 30 o 40 metros, suponen un impedimento fácilmente “salvable” en la mayor parte de las ocasiones.

En los tres casos se está incumpliendo la normativa vigente, pero debe ser en lo más grave donde debemos poner primero el foco de atención.

Hay que asegurarse de que las capas de información generadas tengan como sistema de coordenadas de referencia el ETRS89, Huso 30N (EPSG 25830). Cabe destacar que la capa “Aceras” (el .dxf de la cartografía 1:500 lo etiqueta como calzada, pues representa el límite entre ambas geometrías, pero se estima más apropiada la denominación elegida) está formada por entidades poligonales que no presentan un hueco interior correspondiente a las manzanas, como podría parecer lógico. Esta singularidad será de gran ayuda para los procesos que emplearemos más adelante. En la Figura 7 puede apreciarse la diferencia entre la capa de “aceras”, que representaría los límites exteriores de los bordillos de hormigón que separan éstas de la calzada, y la capa de “manzanas”, que vendrían a ser los límites de fachadas de edificios, solares, parques, y resto de elementos que quedarían incluidos en el interior de las manzanas y “encintados” perimetralmente por el embaldosado de las calles.



**Figura 7.** Capa “aceras” (izquierda) y capa “manzanas” (derecha). Fuente: elaboración propia

Además de estas capas se añaden al proyecto una cartografía base vectorial de la ciudad, cedida por el Servicio de Conservación de Infraestructuras, que ayude a situar el área de trabajo en el contexto geográfico adecuado, además de las que han sido digitalizadas a partir de los datos de campo (alcorques y farolas).

El siguiente paso es establecer las reglas topológicas necesarias para obtener un fichero vectorial de entidades poligonales con los errores, es decir, con las zonas de las aceras que no llegan a alcanzar un IPA ajustado a la normativa.

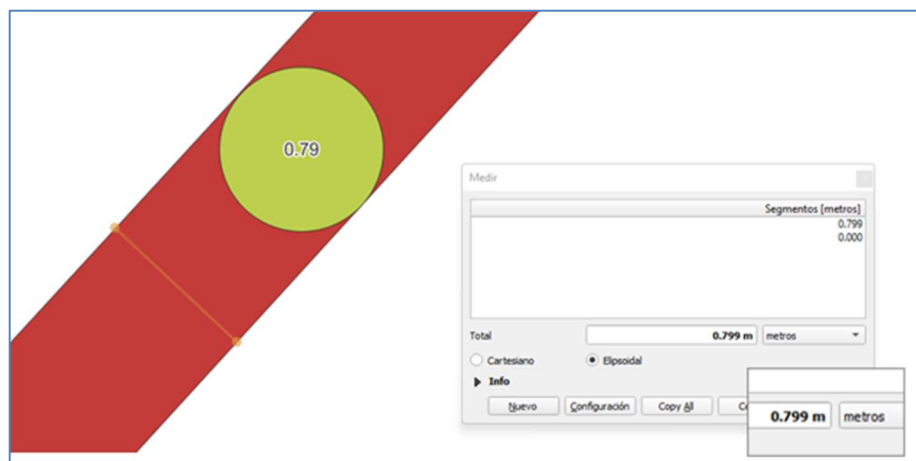
Antes de comenzar con la implementación de las herramientas es necesario generar una capa más para el procedimiento previsto. La Orden TMA/851/2021, que regula los parámetros de accesibilidad en los espacios públicos urbanizados, especifica un itinerario peatonal accesible de 1,80 m (ya se vio que la ordenanza municipal zaragozana es incluso más restrictiva, y eleva

la magnitud hasta los 2,00 m libres). Se toma como referencia la ordenanza estatal, por lo que se crea un área de influencia (*buffer*) de 1,80 m. a partir de las entidades de la capa de las manzanas. Este geoproceso es la parte más determinante de todo el procedimiento. El resultado obtenido será integrado en el SIG como una capa más, teniendo en cuenta que debe elegirse el mismo sistema de referencia de coordenadas (EPSG 25830).

El resultado de aplicar el área de influencia es una capa de polígonos con la misma geometría que las manzanas, pero extendidos sus límites 1,80 metros en todas las direcciones. Presumiblemente, si el nuevo límite de las manzanas excede la línea del bordillo perimetral de la acera, querrá decir que esa acera no llega a tener la anchura que estipula la mencionada Orden.

Para descubrir aquellos casos en que la acera no alcanza los 1,80 metros de anchura se establece una regla topológica que especifica que la capa de aceras debe contener completamente la capa resultante de la aplicación del *buffer*. Si esta regla no se cumpliera en algún punto de la cartografía, el sistema marcará la zona como error topológico.

El siguiente paso es cuantificar la magnitud de los errores, es decir, obtener la anchura máxima de los mismos. Se aplica un geoproceso que permite inscribir el círculo máximo posible en una superficie poligonal irregular, partiendo de la premisa de que el diámetro de dicho círculo coincidirá con la medida que se necesita obtener. Esta nueva capa generada permite ponderar las deficiencias y saber qué anchura le falta a cada acera para cumplir con la normativa vigente (Figura 8).



**Figura 8.** Coincidencia entre diámetro del círculo y medida del error. Fuente: elaboración propia

Para obtener un resultado lo más fácilmente interpretable, se crea un nuevo campo específico para identificar el nombre de las calles que incumplen la regla topológica. Para ello, se calculan los centroides de las distintas poligonales y se aplica un proceso de geocodificación inversa que asignará a cada error un atributo con el nombre de la vía en que se encuentra.

Si bien, la tabla de atributos de la capa final obtenida a partir de la secuencia de herramientas utilizadas se aproxima al objetivo marcado, algunos de los errores que aparecen tienen una magnitud de tan sólo 3 o 4 cm, por lo que se decide desestimarlos. Estos pequeños errores residuales bien podrían deberse al método de toma de datos mediante instrumentos topográficos (en ocasiones, el prisma no puede tomar la línea exacta de fachada por el espacio físico que ocupa su propio cabezal).

El resultado del procedimiento seguido para la localización de los lugares del viario público que no cumplen con la normativa de accesibilidad toma forma en ficheros vectoriales de elementos poligonales, que podrán ser gestionados y cartografiados en cualquier entorno de trabajo SIG. Por otro lado, la posibilidad de poder visualizar los errores en una tabla, con sus magnitudes y localización referida al callejero gracias al empleo de las herramientas de la geocodificación inversa ya descritas, nos aporta, además, la posibilidad de ordenarlos por gravedad y poder actuar en un orden lógico a la hora de subsanar las deficiencias. Ambas formas de visualizar los datos son legítimas, pero además, son complementarias.

Todo el desarrollo descrito hasta el momento responde a lo que vinimos a categorizar como errores más graves, es decir, los que muestran calles más estrechas de lo prescrito por la normativa, a pesar de no incluir elementos como alcorques o farolas a lo largo de sus aceras.

Con el fin de poder discriminar los problemas detectados de los producidos por alcorques y farolas, categorizados como de gravedad media y leve respectivamente, se repite el procedimiento anterior en dos ocasiones más, una incluyendo la capa de los alcorques y otra con la capa de las columnas de alumbrado, cuyas alineaciones fueron tomadas a partir de mediciones sobre el terreno.

Siendo la secuencia de herramientas empleada en ambos casos muy similar a la detallada anteriormente, no se estima necesario redundar en un procedimiento ya conocido. No obstante, hay que matizar una pequeña diferencia en cuanto a la regla topológica introducida en el sistema para la obtención de los errores producidos por estos elementos. En el primer caso se establece que la capa resultante del *buffer* de 1,80 m. aplicado a las geometrías que representan a las manzanas (esta capa se mantiene) no pueda solaparse con la capa de los alcorques digitalizados. Debe recordarse que no se han digitalizado todos los existentes en cada calle sino apenas dos o tres por manzana, pues son suficientes para la obtención de los resultados pretendidos. Como es presumible, si el *buffer* de las manzanas llega a tocar a alguno de los alcorques digitalizados se generará un error que nos indicará que el IPA no alcanza la anchura de 1,80 m, a pesar de que la acera sí tuviera más anchura de la requerida.

Finalmente, se repite el mismo proceso cambiando la capa de alcorques por la capa de farolas, manteniendo la misma regla topológica empleada en el paso anterior, es decir, que el *buffer* de las manzanas no pueda solaparse con las geometrías de las farolas.

### **4.3. Rebajes de bordillo en pasos de peatones.**

#### 4.3.1. Fuentes de datos de los pasos de peatones existentes.

Los datos necesarios para el cumplimiento del segundo de los objetivos específicos marcados han sido proporcionados por el Servicio de Conservación de Infraestructuras del Ayuntamiento de Zaragoza. Forman parte de un inventario de 15.817 rebajes de bordillo en cruces de calzada distribuidos por toda la ciudad. Es una base de datos que se actualiza con frecuencia, debido a que diariamente se están rebajando bordillos en pasos que continuaban sin rebajar.

#### 4.3.2. Distinción de los pasos de peatones por nivel de accesibilidad.

Entre los campos que incluye la tabla de atributos de la capa existe uno denominado “tipología” que establece una primera diferencia entre aquellos que siguen sin rebajar, y los que sí están rebajados, y entre estos últimos, se diferencia entre los que incluyen baldosa podotáctil y los que no. El Ayuntamiento de Zaragoza, a través del mencionado Servicio de Conservación de Infraestructuras, está trabajando en una reestructuración de los atributos de cada paso de peatones, por lo que se ha comenzado con una nueva campaña de toma de datos (mayo de 2023).

Debe destacarse que la normativa de accesibilidad ha cambiado sus directrices en cuanto a dimensiones, resaltes y pendientes, en diversas ocasiones durante los últimos años, paralelamente a la creciente sensibilización de la Sociedad por todo lo relacionado con el ámbito de la accesibilidad. Por ello, un importante número de pasos de peatones que hace unos años cumplían la normativa vigente, cuando fueron remodelados, han quedado fuera de los rangos estipulados en la actualidad.

El nuevo inventario que se está realizando recoge gran cantidad de parámetros que no se tuvieron en cuenta en la primera toma de datos:

- Altura del resalte (la normativa actual especifica que deben estar entre 0 y 4 mm, pero hay muchos que superan esa magnitud, pues anteriormente se permitían hasta 2 cm de desnivel)
- Si la baldosa podotáctil llega o no hasta fachada (originalmente no era necesario pero actualmente sí)

- Si la acera tiene más de 3,60 metros de anchura o menos (esta diferencia marcará la forma de adaptar la acera a la calzada).
- El porcentaje de pendientes tanto transversales como longitudinales al sentido de la marcha.

En resumen, se pretende una recogida objetiva de las distintas características de cada rebaje de bordillo y acera en los pasos de peatones para poder estimar, independientemente de los futuros cambios de normativa, cual es el nivel de accesibilidad de cada elemento del inventario.

Para la diferenciación de los pasos en función del nivel de accesibilidad, estableceremos, como en el caso de las aceras, una triple categorización:

- Rebajes presumiblemente accesibles: aquellos que no sólo están rebajados, sino que incluyen señalización podotáctil para personas con problemas visuales (véase Imagen 2 en Anexo I).
- Deficiencias de gravedad media: aquellos pasos que, estando rebajados, no disponen de señalización podotáctil distintiva (véase Imagen 3 en Anexo I).
- Pasos de peatones con deficiencias graves: aquellos pasos cuyos bordillos permanecen sin haber sido rebajados (véase Imagen 4 en Anexo I).

#### 4.3.3. Análisis y cartografía del área de estudio

Una vez cargada en el SIG la capa del inventario de pasos de peatones, se establecerá una simbología de los mismos en función de la tipología descrita anteriormente. Se destacará en color rojo y con un tamaño mayor los pasos que no están rebajados para que puedan ser identificados más fácilmente. Posteriormente, se realizarán cartografías de los distritos objeto de estudio a mayor escala, con el fin de que las entidades queden más separadas y pueda ser más fácil la interpretación visual de los datos mostrados.

Finalmente, a partir de los datos obtenidos mediante técnicas SIG, podrá analizarse la situación del área de estudio y determinar en qué zonas se necesita un mayor esfuerzo por adaptar los bordillos, y en qué otras se requiere simplemente la inclusión de baldosa podotáctil, mejorando, de este modo, la accesibilidad del mayor número posible de ciudadanos.

#### 4.4. Estado de conservación del pavimento

##### 4.4.1. Fuentes de datos de incidencias en la vía pública

Se va a emplear una base de datos proporcionada por la Unidad de Responsabilidad Patrimonial del Servicio de Conservación de Infraestructuras del Ayuntamiento de Zaragoza que

recoge datos de las denuncias recibidas por el consistorio relacionadas con el mal estado de los pavimentos y otros elementos relacionados con la accesibilidad urbana.

#### 4.4.2. Análisis de la problemática del pavimento de acera

Cada año, el Servicio de Conservación de Infraestructuras recibe cientos de denuncias de ciudadanos que han sufrido accidentes cuando paseaban por la vía pública. Algunos de ellos implican graves consecuencias, con hospitalizaciones o bajas laborales que condicionan sus vidas y las de sus familiares durante largos periodos de tiempo. A pesar de la existencia de empresas externas y brigadas municipales que se dedican a diario a reparar estas deficiencias, el mantenimiento de la ciudad se convierte en una tarea que entraña una gran dificultad. El normal desgaste producido por el uso, el efecto de las raíces de los árboles que levantan baldosas y bordillos, el tránsito de vehículos de limpieza pública que circulan por las aceras deteriorando el firme, o las continuas dilataciones y contracciones de los materiales provocadas por los drásticos cambios de temperatura que caracterizan a la ciudad de Zaragoza son algunos de los factores que complican esta labor (véase Imagen 5 en Anexo I).

Para personas con movilidad reducida o con problemas de visión el mínimo resalte entre dos baldosas contiguas puede suponer un riesgo serio de accidente.

#### 4.4.3. Visualización de patrones de los deterioros.

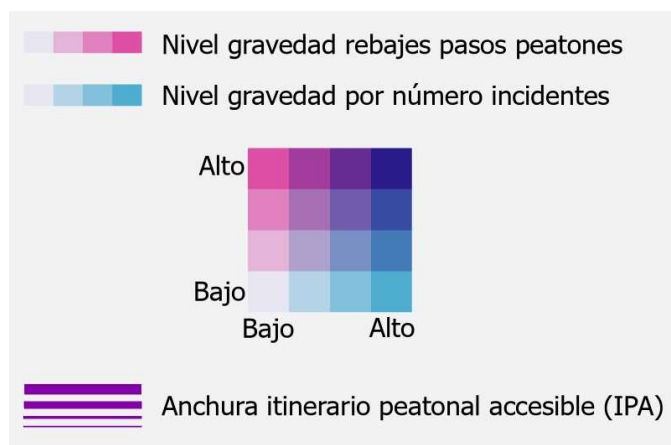
Se emplearán herramientas del entorno de los sistemas de información geográfica para cuantificar los incidentes provocados por el mal estado de las aceras. Se cartografiarán los resultados con el fin de observar si se pueden encontrar patrones que indiquen si hay zonas de concentración de incidentes. En vista de los resultados, se estudiarán las posibles medidas que deben implementarse para evitarlos, o por lo menos, reducirlos.

#### **4.5. Cartografía sintética para representación de la situación global de las calles.**

Se genera una cartografía sintética que posibilite la visualización de la situación global de las calles de la zona de estudio. A cada una de las tres variables objeto de análisis (IPA, rebajes de pasos de peatones e incidentes por deterioros) se le asignan cuatro posibles valores en función de la gravedad de la deficiencia que representan. La Tabla 2 muestra los criterios de ponderación seguidos en el proceso de elaboración del mapa.

**Tabla 2.** Ponderación de las variables representadas. Fuente: elaboración propia

Pasos de peatones	Gravedad	Ponderación de los valores
	0	Calles que solo tienen pasos CRD (con rebaje distintivo) o son plataformas únicas
	1	Calles que tienen pasos CRD pero también CRND (con rebaje no distintivo, sin podotáctil)
	2	Calles que solo tienen CRND
	3	Calles que tienen algún paso SR (sin rebajar)
Incidentes	Gravedad	Ponderación de los valores
	0	Calles sin incidencias
	1	Calles con 1 incidencia
	2	Calles con 2 incidencias
	3	Calles con 3 o más incidencias
IPA	Valor	Ponderación de los valores
	1	Incumplimiento del IPA por anchura acera
	2	Incumplimiento del IPA por alcorques
	3	Incumplimiento del IPA por farolas
	4	Calles con IPA mayor de 1,80 m



**Figura 9.** Leyenda preparada para la cartografía sintética de la zona de estudio. Fuente: elaboración propia

Se emplea una simbología de colores bivariantes con una matriz de 4x4 para representar las variables de los rebajes de bordillo en pasos de peatones (tonos rosas) e incidencias en la vía pública (tonos azules). En ambos casos, el nivel de gravedad de los elementos representados queda definido por la saturación de la simbología. Los cuatro valores posibles de la tercera variable, el IPA, se representan a través de la variable visual tamaño, con un mayor o menor grosor de las entidades de tipo línea que representan las calles. Un menor grosor señala las calles cuyas aceras presentan más dificultad para el tránsito peatonal (Figura 9).

#### 4.6. Implementación de herramientas y uso de los datos en el entorno municipal

Trabajar como técnico municipal del Servicio de Conservación de Infraestructuras, y al cargo de la Unidad de Responsabilidad Patrimonial del mismo, permite la toma de decisiones directa respecto a la información obtenida. Paralelamente a la redacción de la misma y según iba

tomando forma, se estimó necesario compartir con la jefatura del Servicio, e incluso elevar la iniciativa a la jefatura del Departamento de Infraestructuras, la temática del presente estudio.

La positiva aceptación por parte de los responsables de la administración abre la puerta al establecimiento de unos protocolos de actuación para optimizar los recursos disponibles. Los resultados obtenidos, ponderados según los criterios establecidos, están siendo presentados en informes que incluyen cartografías de las deficiencias, con el fin de que, según avanza este documento, sean utilizados como referencia para que brigadas municipales y empresas adjudicatarias del contrato de Obras Menores de la Ciudad de Zaragoza se centren en reparar con mayor celeridad aquellos puntos que presentan un mayor problema para la accesibilidad peatonal.

#### **4.7. Software utilizado.**

Para el desarrollo del presente trabajo se han empleado las siguientes aplicaciones y herramientas:

- Autocad LT, de la compañía Autodesk. Aplicación para el manejo y edición de ficheros en formato CAD. Se ha empleado para la visualización de los ficheros en formato .dxf de la cartografía municipal a escala 1:500 y para la selección y exportación de los niveles necesarios para nuestro estudio.
- Arcgis Pro, SIG de escritorio de la compañía ESRI, utilizado para algunos de los geoprocursos referidos en la metodología. De especial utilidad han sido las herramientas para generar los *buffer*, los recursos relacionados con las reglas topológicas descritas, el cálculo de los centroides de las poligonales y la geocodificación inversa. También ha servido para la generación de la mayoría de las cartografías y alguno de los gráficos que acompañan la presente memoria.
- QGIS, SIG de escritorio, pero, a diferencia del anterior, de código abierto. En los últimos años ha experimentado una rápida evolución, resultado de las aportaciones de anónimos desarrolladores que apuestan por compartir tanto los datos como los mecanismos para analizarlos y representarlos. QGIS cuenta con muchas herramientas nativas, pero tiene además acceso directo desde su interface a potentes proveedores de algoritmos como SAGA o GRASS, con una trayectoria contrastada de muchos años y que convierten su entorno de escritorio en un increíble contenedor de recursos gráficos y analíticos. De especial importancia para este trabajo ha sido su complemento *BecaGIS Tools*, que entre otras aplicaciones, dispone de una herramienta para la generación de los círculos inscritos que hemos empleado como recurso.

- Microsoft Excel, hoja de cálculo perteneciente a la *suite* de ofimática Microsoft Office, que se ha utilizado principalmente para la generación de gráficos.
- LibreOffice Calc, hoja de cálculo de código abierto, que ha sido empleada para la importación de tablas de atributos de las aplicaciones SIG, con el fin de agrupar los datos por medio de tablas dinámicas, facilitando el posterior análisis de los mismos.

## 5. RESULTADOS.

### 5.1. Anchura del itinerario peatonal accesible (IPA)

Los resultados obtenidos tras la utilización de los procesos implementados nos han servido para descubrir qué calles de los distritos objeto de estudio no cumplen las especificaciones de la Orden TMA/851/2021 en lo relacionado con el itinerario peatonal accesible. En la Tabla 3 se incluyen las cifras obtenidas en conjunto con el fin de poder establecer una primera comparativa entre el número de calles que presentan deficiencias en cada uno de los barrios objeto de estudio y el motivo que las provoca.

**Tabla 3.** Errores detectados en el ámbito de estudio. Fuente: elaboración propia

Distrito municipal	Numero de calles	Calles con errores por anchura acera	Calles con errores por alcorques	Calles con errores por farolas	Total errores por distrito
Casco Histórico	267	36	10	11	57
La Almozara	100	3	1	19	23
Las Fuentes	125	10	10	11	31
<b>Sumatorios</b>	<b>492</b>	<b>49</b>	<b>21</b>	<b>41</b>	<b>111</b>

Como podemos observar, los porcentajes de calles con problemas de accesibilidad son bastante similares en los tres distritos de la zona de estudio. En Casco Histórico un 21,3% de las vías urbanas (57 calles) presentan algún tipo de problemática, seguido de La Almozara con un 23% (23 calles). El mayor porcentaje es obtenido en Las Fuentes, que alcanza el 24,8% (31 calles). No obstante, es el Casco Histórico el que presenta un mayor porcentaje de calles con deficiencias categorizadas como graves, con un 13,5% (36 calles de las 267 que incluye el distrito). Le siguen Las Fuentes con un 8% y La Almozara con tan solo un 3% de calles cuyas aceras no alcanzan 1,80 m de anchura.

Se ha realizado comprobación *in situ* de gran parte de los resultados obtenidos, con una precisión de  $\pm 5$  cm. en la mayoría de los lugares revisados, una magnitud más que suficiente para el propósito que se pretende. Recordemos que no se trata de buscar aceras cuyo IPA sea de 1,75 m y demolerlas para convertirlas en aceras de 1,80 m. Se pretende localizar rápidamente deficiencias del tramado urbano y ponderarlas de algún modo para actuar primero en las que presentan una anchura de paso más deficiente.

#### 5.1.1. La Almozara

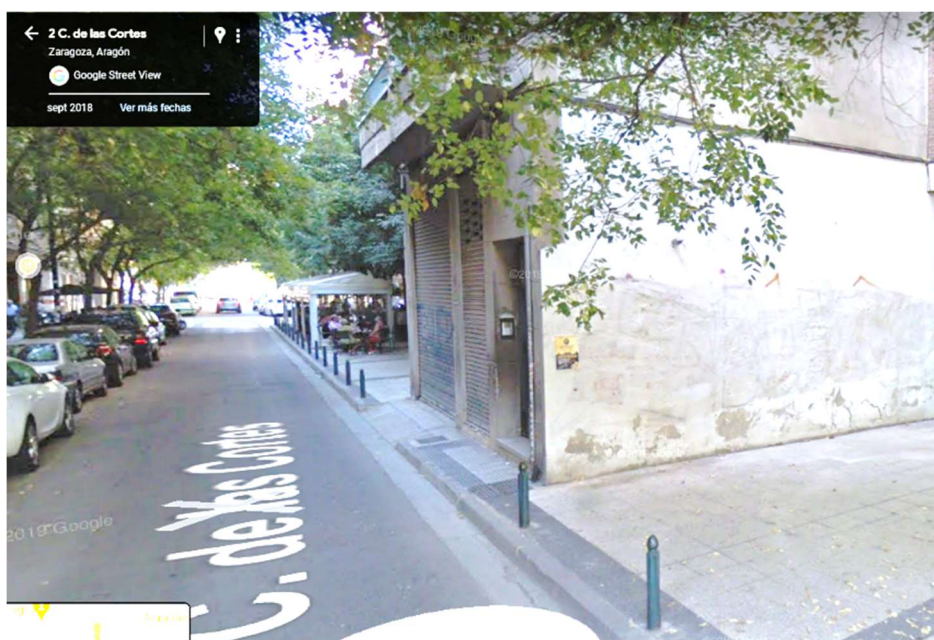
De las 492 calles incluidas en este estudio para el análisis del itinerario peatonal accesible, 100 pertenecen al distrito de La Almozara. Inicialmente se observan 17 deficiencias, pero tras marcar una de ellas como excepción, pues hacía referencia a una acera que estaba mal

digitalizada, quedaron 16, aunque concentradas en tan solo 3 calles del distrito. Por lo tanto, solo el 3% de las calles pertenecen al grupo que presenta deficiencias graves, es decir, aquellas cuyas aceras tienen alguna zona más estrecha de lo que indica la normativa y que supondrían un serio barrera en caso de que dos personas con sillas de ruedas o andadores se encontraran en el mismo punto manteniendo sentidos opuestos, por poner un ejemplo. Una vez terminado todo el procedimiento descrito anteriormente, podemos llegar a presentar una tabla con los datos relevantes para nuestro estudio (Tabla 4).

**Tabla 4.** Magnitud deficiencias en anchura de aceras. Fuente: elaboración propia

Calle	Máxima deficiencia
Cortes, Las	0.79
Padre Landa	0.43
Sariñena, Juan	0.41

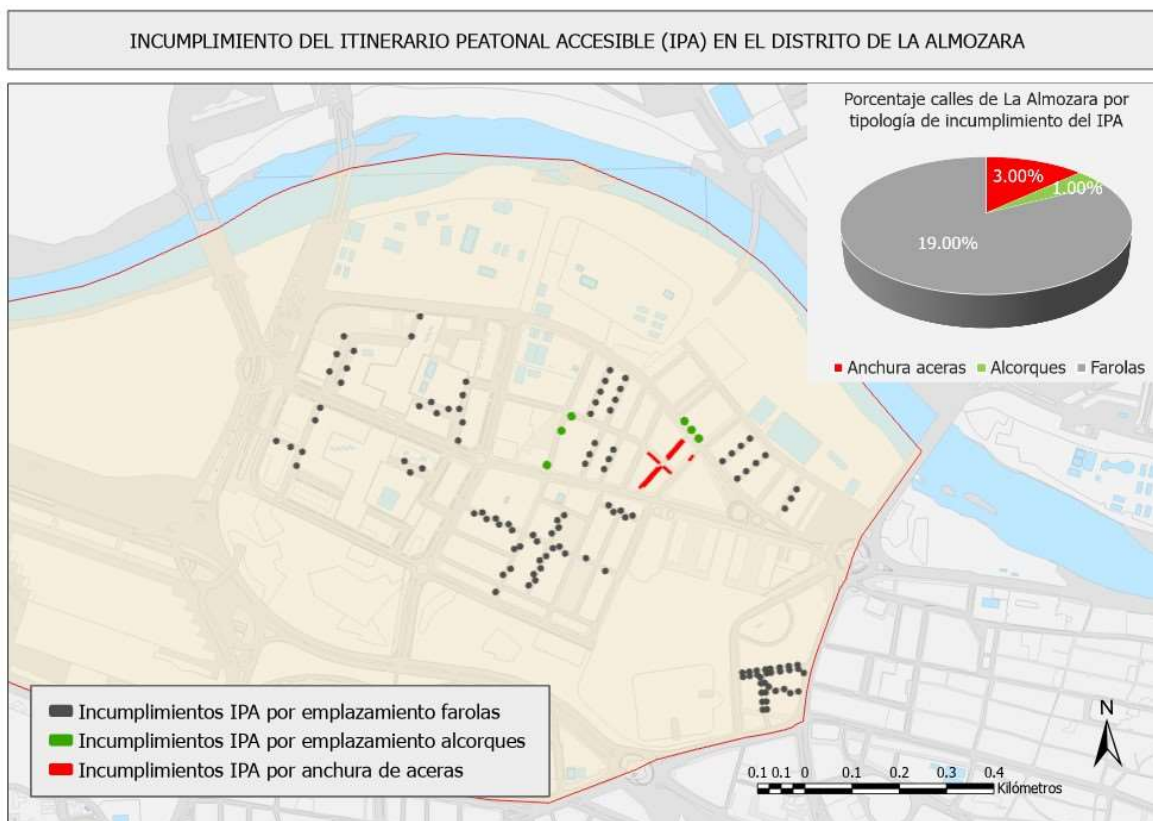
Se observa que en la calle Las Cortes aparece una deficiencia máxima de 0,79 m. Sabiendo que el proceso que se ha seguido toma como base la medida establecida como normativa a nivel estatal, es decir, una anchura de 1,80 m., se deduce que esa acera debe tener aproximadamente 1,00 m. desde la línea de fachada hasta la calzada. No es habitual encontrar aceras tan estrechas en esa zona, por lo que se decide emplear otro interesante complemento de QGIS denominado “StreetView”, que nos permite elegir un lugar de nuestra cartografía y nos carga la visualización en 3d de Google Maps (Imagen 6).



**Imagen 6.** Comprobación de uno de los errores de forma remota. Fuente: Google Street View

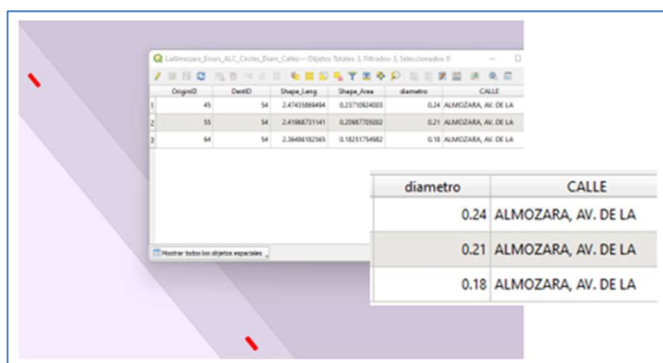
De este modo, podemos hacernos una idea visual del motivo de tan exagerado estrechamiento en la vía pública. La imagen obtenida al emplear el mencionado complemento nos ofrece una primera información visual del motivo del estrechamiento.

En la Figura 10 podemos observar la distribución de las diferentes irregularidades relacionadas con el incumplimientos del itinerario peatonal accesible, así como un gráfico con el porcentaje de calles del distrito según la tipología del elemento que genera la incidencia.



**Figura 10.** *Aceras del distrito de La Almozara que incumplen normativa. Fuente: elaboración propia*

Un 1% de las calles, es decir, tan sólo una, presentaría un itinerario peatonal accesible inferior a la norma por culpa de la distribución de alcorques por las aceras. Gracias a la implementación de las herramientas podemos saber que este problema se concentra en una determinada zona de la avenida de La Almozara, en el tramo comprendido entre las calles Río Ésera y Río Aragón. En este sentido, también podemos observar que la deficiencia varía entre los 18 y los 24 cm, por lo que podría ser suficiente con adoquinar parte de los alcorques sin llegar al tronco, como suele hacerse en algunas ocasiones para conseguir una anchura de paso libre adecuada a la norma (Figura 11).

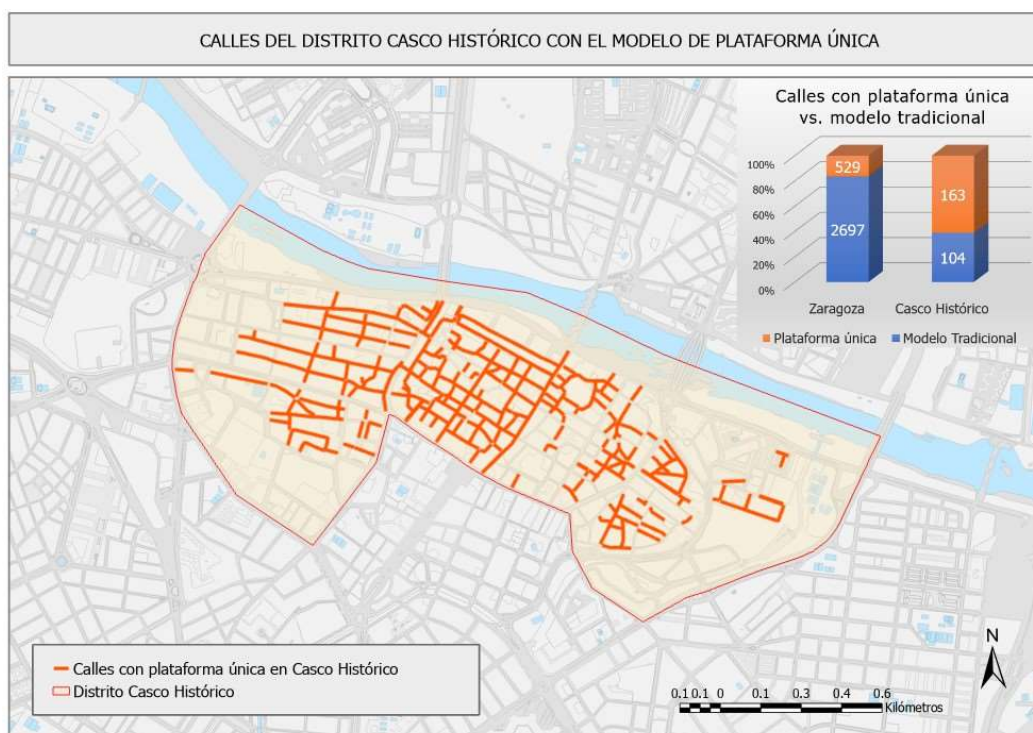


**Figura 11.** Deficiencias por situación de alcorques en La Almozara. Fuente: elaboración propia

En cuanto al número de incumplimientos del itinerario peatonal accesible por culpa del emplazamiento de las farolas se dispara. Aparecen 117 incidencias en el inspector de errores topológicos. En un 19% de ellas son las farolas las que estrechan el paso libre. A pesar de ser el tipo de problemática que ha sido considerada como menos grave, sí cabe destacar la alta cifra de calles que incumplen la anchura de paso por este motivo.

### 5.1.2. Casco Histórico

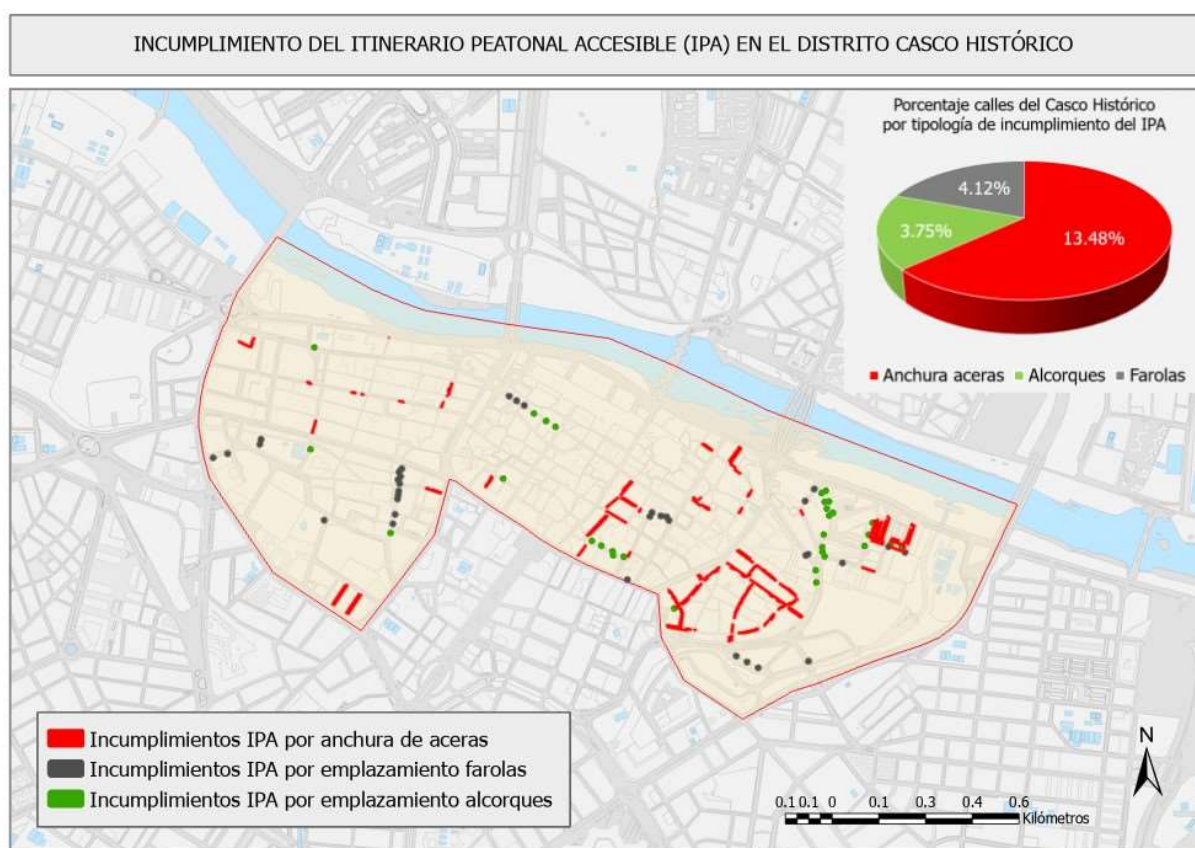
El Casco Histórico alberga la mayor concentración de calles adaptadas al modelo de plataforma única. Tan solo un 16,4% de las calles zaragozanas (529 calles) presentan esta fisonomía, pero este porcentaje alcanza un 61,0% de las calles de este distrito (163 calles). En la siguiente imagen (Figura 12), podemos apreciar claramente como se está tendiendo a aplicar este tipo de soluciones en las zonas más céntricas y con mayor concentración de peatones.



**Figura 12.** Calles del Casco Histórico elevadas a “plataforma única”. Fuente: elaboración propia

En cuanto al resto de datos relacionados con la accesibilidad que hemos obtenido tras implementar los procedimientos descritos anteriormente, observamos, en primer lugar, que en un 21,4% de las calles se incumple la normativa en cuanto a la anchura del IPA.

De las 267 calles repartidas por el Casco Histórico, un 13,5% (36 calles) presenta alguna de las deficiencias catalogadas como graves, con algún punto de sus aceras con menos de 1,80 m. de anchura (recordemos que en La Almozara sólo había un 3% con esta casuística). El cuanto a los casos de gravedad media, los que derivan de estrechamientos producidos por alcorques, se dan en un 3,8% de los casos (10 calles). Similares cifras se obtienen en los casos de gravedad estimada como leve, cuando son las farolas el elemento que causa el incumplimiento de la normativa. Esta casuística ha sido detectada en 11 de las calles que conforman el distrito, lo que supone un 4,1% del total (Figura 13).



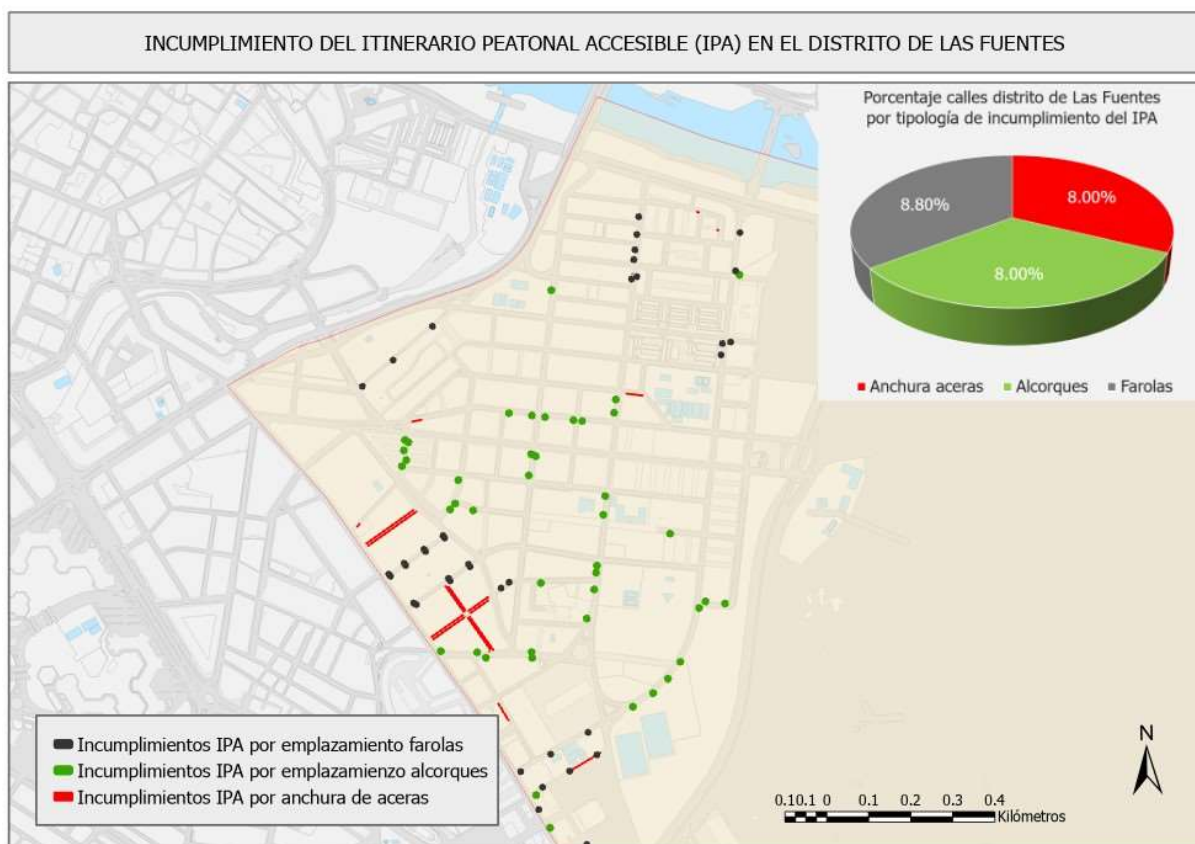
**Figura 13.** *Aceras del Casco Histórico que incumplen la normativa. Fuente: elaboración propia*

### 5.1.3. Las Fuentes

Las Fuentes es el último de los distritos municipales de nuestro ámbito de estudio. Suyas son 125 calles del total de las 492 analizadas en este trabajo.

En este barrio se distribuyen de forma muy homogénea las causas de los incumplimientos de la normativa. El 8% de los errores detectados tras las validaciones topológicas son fruto de

aceras estrechas (10 calles). Igual resultado, otro 8%, es obtenido al analizar las deficiencias relacionadas con el emplazamiento de los alcorques. Finalmente, 11 calles, un 8,8%, presentan estrechamientos debidos a la distribución de las columnas de alumbrado público (Figura 14).



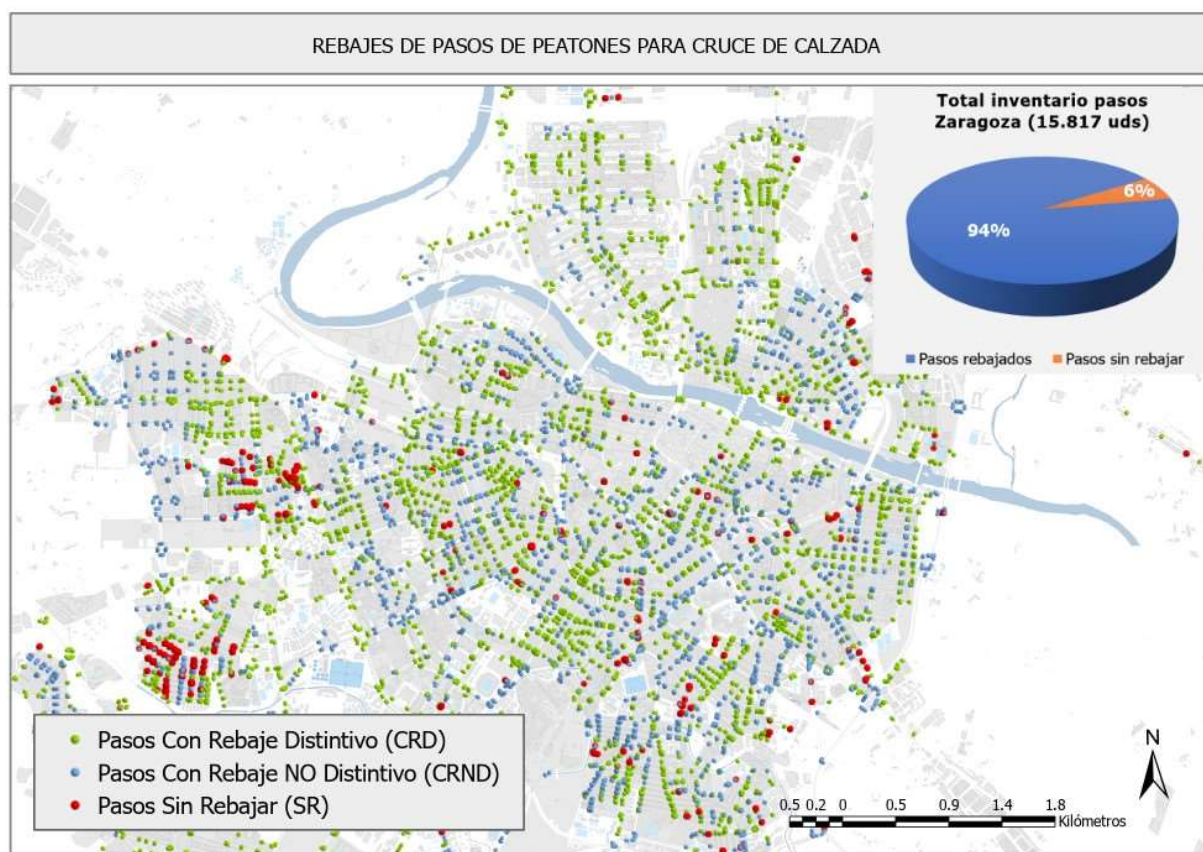
**Figura 14.** *Aceras de Las Fuentes que incumplen la normativa. Fuente: elaboración propia*

## 5.2. Rebajes de bordillo en pasos de peatones

Antes de pasar a analizar más en detalle los resultados de los tres distritos del área de estudio, vamos a mostrar una visión general de la ciudad. Comenzaremos con algunas cifras que ayudarán a poner en contexto los resultados obtenidos mediante los procedimientos detallados anteriormente. Para empezar, diremos que Zaragoza cuenta con más de 3200 calles de titularidad municipal, contando las pertenecientes a los barrios rurales. En el presente trabajo se han obtenido datos de 492 de ellas. En cuanto a los pasos de peatones, se ha trabajado con un inventario del Servicio de Conservación de Infraestructuras del Ayuntamiento de Zaragoza, que contabiliza 15.817 rebajes repartidos por toda ciudad, incluidos también los barrios rurales, de los que 2.011 pertenecen a los tres distritos objeto del presente estudio.

Como primer indicativo del estado de accesibilidad en relación con los rebajes de bordillo en pasos de peatones, puede decirse que tan solo el 6% de ellos no han sido rebajados. A pesar de ello, siguen suponiendo un serio problema, ya que sobresalen del pavimentos unos 15 cm.,

altura suficiente para que se conviertan en barreras infranqueables para sillas de ruedas o personas de movilidad reducida (Figura 15).

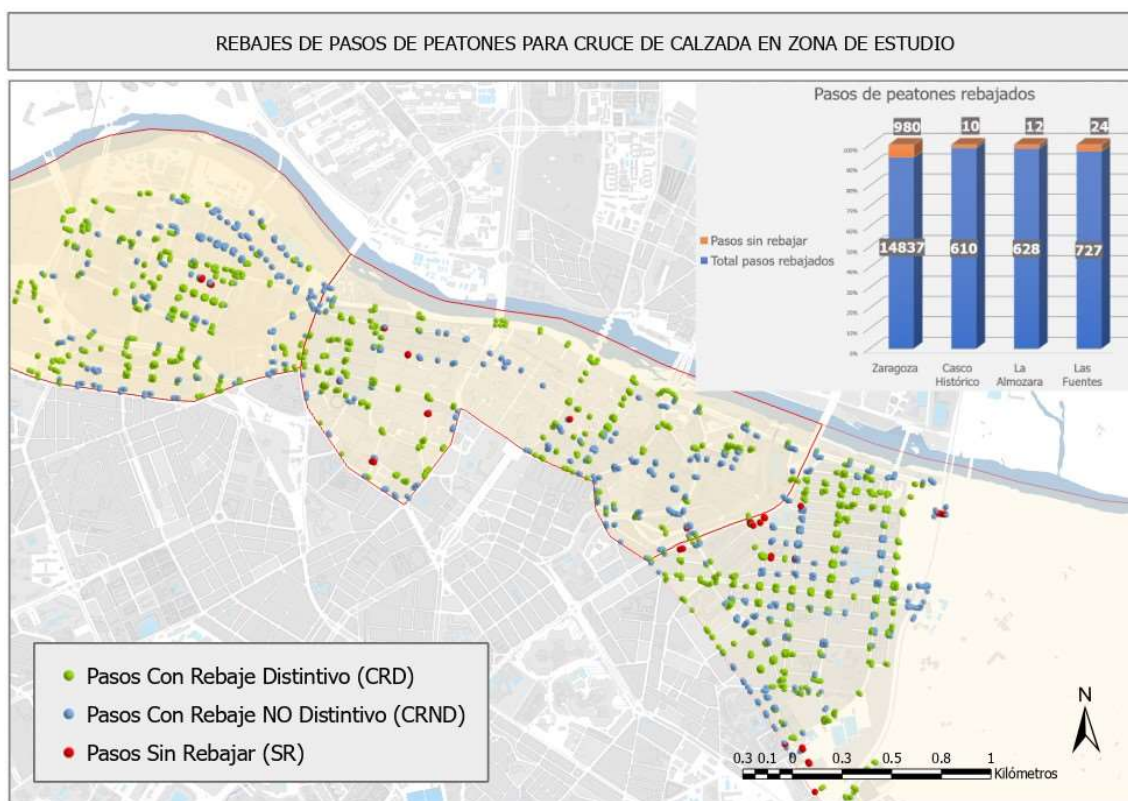


**Figura 15.** *Rebajes de bordillo en pasos de peatones en Zaragoza. Fuente: elaboración propia*

Se ha establecido una distinción entre aquellos pasos que han sido rebajados al nivel de la calzada y los que no. Dentro de los primeros, se diferencian aquellos que poseen baldosa podotáctil, es decir, aquellos que además de ser, en mayor o menor medida, accesibles para personas con movilidad reducida, añaden también un elemento complementario que facilita la orientación a aquellas personas que presentan distintos grados de problemas de visión, ya que la baldosa podotáctil se diferencia del resto del pavimento tanto por la textura de sus tacos como por el color.

Una vez tenemos una visión general del estado de accesibilidad en este aspecto, vamos a centrarnos en analizar de forma más detallada los resultados obtenidos en los distritos de la margen derecha del río. Para ello, se ha generado una cartografía de la zona en la que se aprecia de forma más clara la distinción entre los tres tipos de pasos que se han establecido en función del nivel de accesibilidad que presentan.

Lo primero que llama la atención es la escasa presencia de pasos sin rebajar, por debajo de la media obtenida para el conjunto de distritos municipales de la ciudad (Figura 16).



**Figura 16.** *Rebajes de bordillo en el ámbito de estudio. Fuente: elaboración propia*

En el barrio de Las Fuentes hay un 3,2% de los pasos que suponen una infranqueable barrera para personas con movilidad reducida (24 entidades). En la Almozara sólo el 1,9% restan por ser rebajados (12 unidades) y, por último, en Casco Histórico, con un 1,6% de carencias, sólo necesitaría una actuación en 10 de sus 620 pasos inventariados para conseguir el pleno.

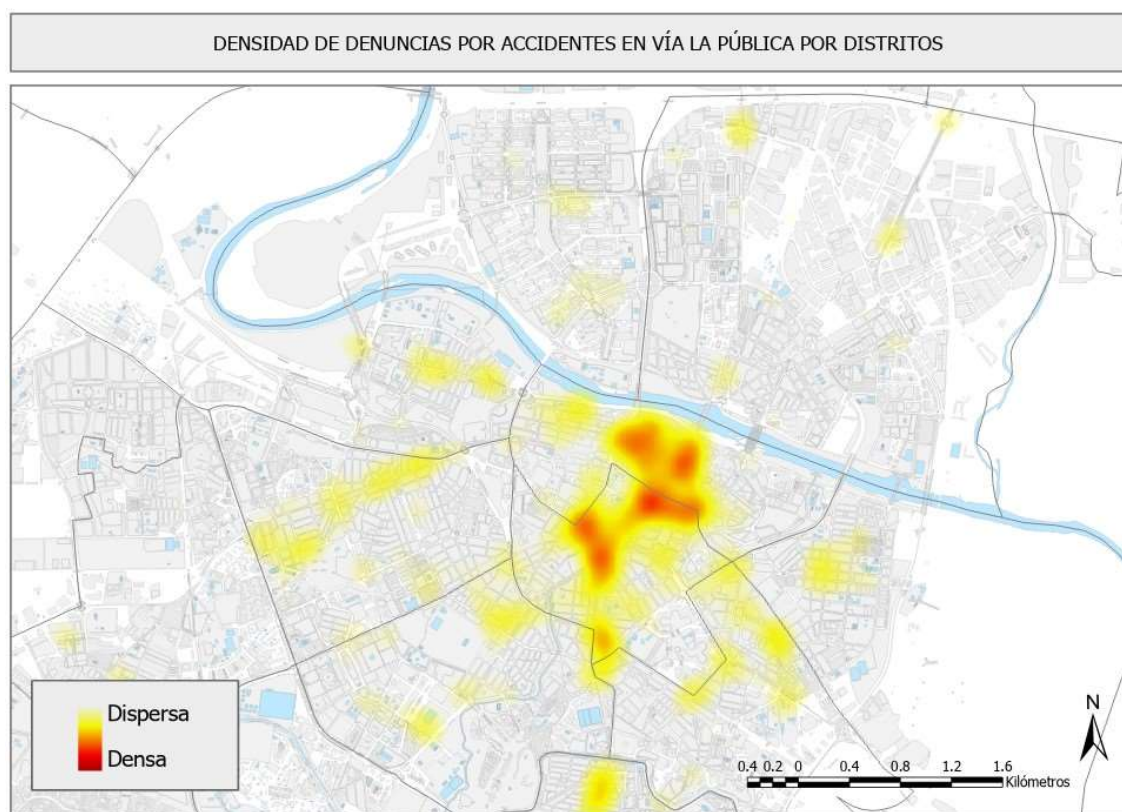
Podemos concluir, que, si bien la horquilla de pasos rebajados de los tres distritos analizados oscila entre el 96,80% de las Fuentes y el 98,39% de Casco Histórico, si tenemos en cuenta sólo aquellos que se acercan más a la normativa vigente, incluyendo también la baldosa podotáctil, los porcentajes descienden sensiblemente para situarse entre el 54,19% de Casco Histórico y el 60,31% de La Almozara. Esta gran diferencia entre unos datos y otros se debe principalmente a las progresivas modificaciones de la normativa vigente. Las leyes, en aras de la accesibilidad universal, se hacen eco de la sensibilización social para intentar adaptar las normas y, por tanto, las ciudades, a las necesidades de cada vez más colectivos.

### **5.3. Estado de conservación del pavimento**

La Unidad de Responsabilidad patrimonial del Servicio de Conservación de Infraestructuras ha recibido 1.118 denuncias relacionadas con caídas en la vía pública. La mayoría de ellas se producen por tropiezos debidos a resaltes o depresiones del embaldosado, o

a resbalones por falta de adherencia a causa del desgaste que sufre por el uso, especialmente en días de lluvia.

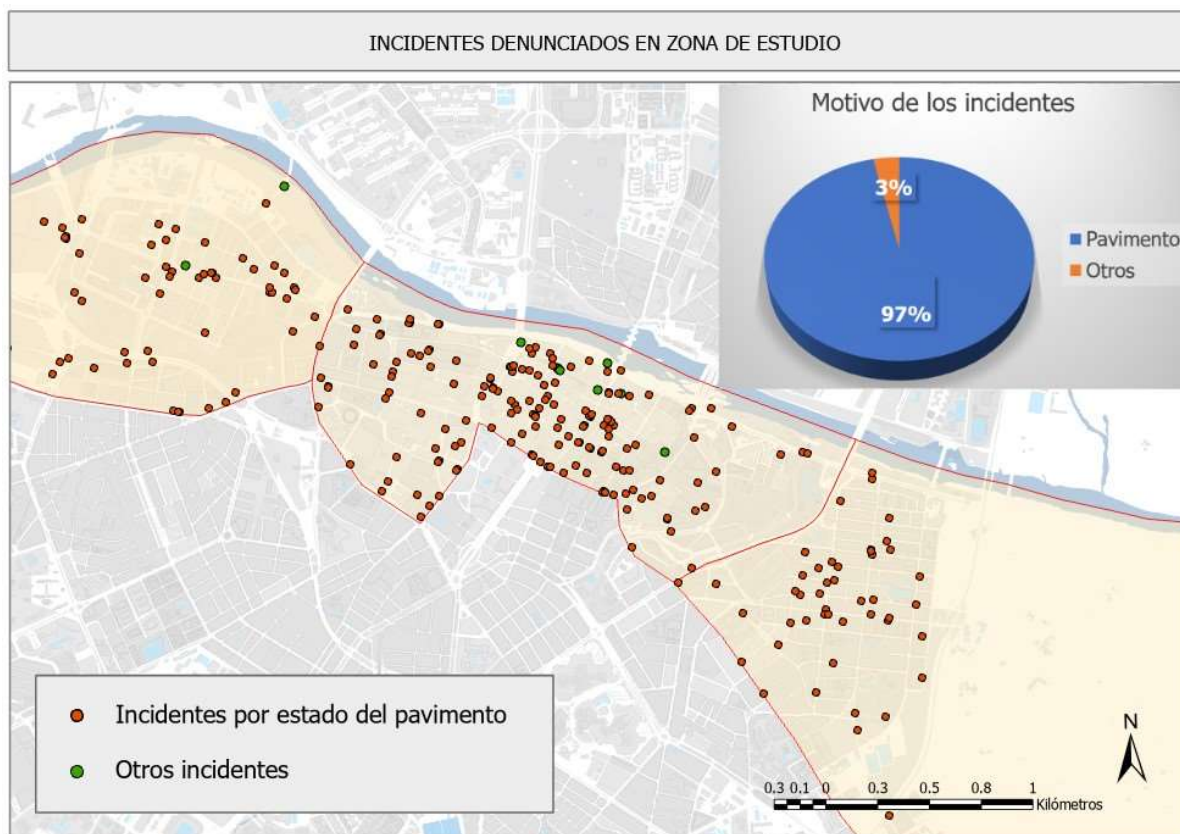
En el siguiente mapa (Figura 17) se muestra las zonas con mayor concentración de accidentes de los distritos municipales de la ciudad. Se puede observar claramente como se distribuye la mayor cantidad de ellos en dos zonas muy concretas de la ciudad: Casco Histórico y Distrito Centro.



**Figura 17.** Concentración de caídas en la vía pública. Fuente: elaboración propia

Si analizamos nuestra zona de estudio, entre 2017 y 2022, periodo desde que se registran estos datos por medio de un SIG, 58 caídas han sido denunciadas en el barrio de La Almozara (un 5,19% del total), 41 llegaron desde el barrio de Las Fuentes (un 3,67%) y 177 han sido asignadas a Casco Histórico (un 15,30%).

En el siguiente mapa podemos ver que la mayoría de los incidentes denunciados en la zona de estudio tienen relación con el estado de los pavimentos, con un 96,6% del total. El 3,4% restante está relacionado con diferentes elementos de la vía pública como mobiliario urbano o vallas, por poner algunos ejemplos (Figura 18).



**Figura 18.** *Tipología de los incidentes denunciados. Fuente: elaboración propia*

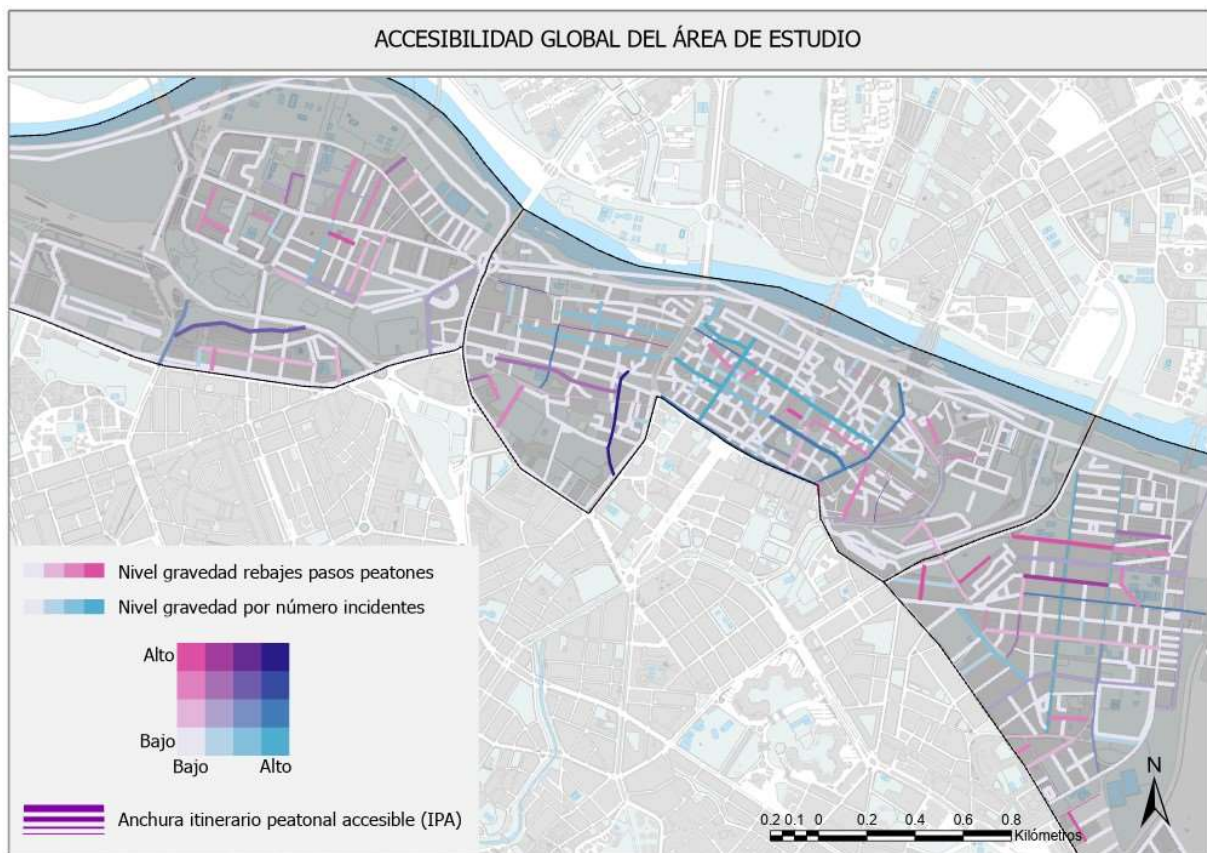
#### 5.4. Situación global de las calles de la zona de estudio

La representación global de las tres variables objeto de análisis mediante una cartografía sintética nos aporta una rápida visual de la accesibilidad de la zona de estudio. La predominancia de líneas anchas y de baja saturación indica un alto porcentaje de calles en las que no se recogen deficiencias relacionadas con ninguna de las tres variables objeto de análisis, siendo, por tanto, aquellas líneas más finas y saturadas las que deben centrar el foco de atención (Figura 19).

Esa concentración de elementos con mejores resultados se hace más patente en la parte central del Casco Histórico, en la zona más antigua, coincidiendo con la mayor densidad de calles en las que se ha optado por el modelo de plataforma única. En el resto de calles del Casco Histórico, las que muestran alguna problemática, se puede apreciar un predominio de líneas en tonos azules, lo que nos alerta sobre el posible mal estado de los pavimentos, debido a la existencia de incidentes denunciados en la zona por esa causa.

En el distrito de Las Fuentes, entre las calles que presentan alguna deficiencia, podemos observar una alta concentración de líneas en tonos rosados, lo que nos da una primera idea del predominio de una problemática relacionada con el incumplimiento de la normativa en cuanto a los rebajes de pasos de peatones para el cruce de las calzadas.

Esta cartografía, nos sirve, por tanto, como una primera herramienta para detectar la problemática existente en cada zona del ámbito de trabajo, como paso previo a un análisis más profundo de los datos.



**Figura 19.** Cartografía sintética zona de estudio. Fuente: elaboración propia

### 5.5. Implementación de la herramienta en el entorno municipal

En el proceso de obtención de los resultados previstos, se ha puesto de manifiesto el potencial de las herramientas desplegadas y del análisis de los datos realizado con motivo de este estudio. Se han mantenido reuniones con responsables municipales para que se establezca un protocolo interno, mediante el cual, la unidad de responsabilidad patrimonial del Servicio de Conservación de Infraestructuras (de la que el autor del presente TFM es responsable), podrá, a través de la intranet municipal, generar avisos de las incidencias más importantes detectadas. De este modo, cada aviso tendrá un número de seguimiento que permitirá, en cualquier momento, saber si se ha subsanado, si está en proceso, o si sigue pendiente de reparación.

## 6. DISCUSIÓN

En el estudio y análisis de accesibilidad y movilidad en las ciudades, más allá de los esfuerzos de las entidades públicas, han surgido diferentes iniciativas por parte de la sociedad civil que convergen en sus objetivos comunes. Hay distintas formas de abordar el problema de la accesibilidad en el entorno urbano. Algunas iniciativas se basan en el diseño de materiales o dispositivos que ayudan a las personas de movilidad reducida o con problemas de visión a que el día a día les sea más fácil (Cereceda Otárola, 2019). Otras, como ya hemos avanzado, se fundamentan en esfuerzos voluntarios para cartografiar las zonas más inaccesibles de la ciudad, compartiendo los datos y poniéndolos al servicio de la Comunidad (Orte Sierra, 2019). Generar mapas que nos aporten información sobre la ciudad, sus características y, especialmente, sobre sus deficiencias, es de vital importancia. Además, el desarrollo de aplicaciones gratuitas y cada vez más intuitivas de toma de datos ha conseguido universalizar el mapeo de cada vez más elementos, tanto del entorno urbano, como de cualquier otro ámbito (Sevilla Callejo et al., 2019).

El problema reside en que muchas de estas iniciativas no tienen continuidad y quedan relegadas a representar la realidad de un momento concreto. La fiabilidad de un SIG depende de la veracidad de los datos que almacena. Alimentar un SIG es un proceso laborioso en términos logísticos, humanos y económicos. Que una iniciativa fracase después de tanta inversión es un aspecto que debería hacernos reflexionar.

En este sentido, además de la necesaria continuidad de la recogida de datos, debe también tenerse en cuenta la calidad de los mismos (Santos Preciado, 2020). En muchas ocasiones, si se pretende que una toma de datos sea útil, deberá recabarse una mínima información previa sobre la problemática existente, normativa aplicable, colectivos implicados y organismos encargados de mantener o modificar los elementos estudiados. Sin esa perspectiva global, podría resultar particularmente problemático el abordar un análisis desde una perspectiva espacial y cuantitativa.

Cuando se intenta que los SIG sean puestos al servicio de la sociedad y pretendiendo que sean realmente útiles para mejorar la accesibilidad de los ciudadanos, debemos tener en cuenta dos aspectos fundamentales. El primero es obvio, un SIG debe ser mantenido. Esta premisa no es tan importante si lo que nos ocupa es realizar un inventario de puentes, pues no se construyen puentes ni todos los días, ni todos los meses, ni todos los años. Pero si lo que pretendemos es velar por la accesibilidad y nos planteamos tomar datos sobre algo vivo, que cambia, como ha sido el caso de algunas iniciativas concretas que han surgido en los últimos años en esta misma ciudad, debemos de ser conscientes de que mantener esos datos actualizados no es tarea fácil. En los últimos 4 años se han rebajado más de 1.200 pasos de peatones que presentaban importantes barreras arquitectónicas en Zaragoza, lo que debe hacernos pensar que gran parte de la

información recogida gracias al esfuerzo y solidaridad de tantos voluntarios ha quedado en parte desactualizada, lo que termina debilitando la fuerza de las iniciativas.

Esto nos lleva al segundo aspecto que cabe destacar. Cartografiar la realidad que nos rodea es fundamental para entender el mundo, para avanzar en mejorar nuestro conocimiento del entorno (García Martín, Martín García y Ros Sempere, 2014). No obstante, si lo que pretendemos es hacer la vida un poco más fácil para aquellas personas con movilidad reducida o para los que sufren de alguna limitación visual, digitalizar los problemas nos deja en la mitad del recorrido hacia la meta. Podría decirse que representar en un SIG las deficiencias de nuestras calles muy importante, pero no puede ser menos el repararlas. Es fundamental que se generen cauces para que las deficiencias detectadas, independientemente de quién las descubra, lleguen a los técnicos encargados de solucionarlas.

Esto no es fácil, en ocasiones la organización interna de las administraciones locales no consiguen la suficiente coordinación en su funcionamiento y comunicación de resultados. Muchas veces llegan las quejas al Ayuntamiento que no es posible canalizar hasta la unidad administrativa responsable de darle solución y respuesta. La Administración debe poner medidas para que eso cambie, y las iniciativas ciudadanas deben esforzarse también en dirigirse a los responsables adecuados (Bustillo Holgado y Rodríguez Bustamante, 2015).

Este, podría decirse, que es uno de los puntos fuertes de este proyecto. Está realizado desde el ámbito académico, pero pensado para que pueda ser alimentado y mantenido por quienes deben velar, precisamente, por construir una ciudad más accesible. Se ha transmitido a los técnicos municipales encargados de la actualización de los elementos relacionados con la accesibilidad, las deficiencias más graves detectadas. Fruto de ello, ya se han generado órdenes de trabajo hacia las empresas externas del contrato de mantenimiento de los pavimentos de la ciudad, y algunos pasos de peatones de las Fuentes, en el entorno de la avenida de la Almozara, han sido actualizados con baldosa podotáctil (Imagen 7).



**Imagen 7.** *Sustitución del pavimento por baldosa podotáctil.*

En la imagen puede apreciarse que todavía falta por añadir la baldosa direccional, aunque ya aparece replanteada en la acera.

Del mismo modo, a pesar de que pueda parecer un éxito que sólo 10 pasos de peatones de los 620 inventariados en Casco Histórico permanezcan sin rebajar, esas presumiblemente alentadoras cifras quedan ensombrecidas por el hecho que 4 de ellos están situados en zonas de acceso a centros de Salud. Fue posible detectarlos gracias al empleo del SIG para cartografiar el inventario existente, y a la comprobación de los resultados a través de Street View (véase Imagen 8 en Anexo I). También han sido localizados algunos pasos de peatones que, aun estando rebajados, no cumplían las condiciones mínimas de accesibilidad, ni en cuanto a medidas, ni en cuanto a las excesivas pendientes que presentaban. Un ejemplo de ello es alguno de los rebajes de la calle San Blas, con una pendiente superior al 20% y una escasa zona de bordillo rebajado (véase Imagen 9 en Anexo I).

Como vimos al obtener los resultados de las denuncias por caídas en la vía pública, dos distritos arrojaban unas cifras muy superiores a la media del resto: Casco Histórico y distrito Centro. Esto debería hacernos reflexionar sobre un aspecto de vital importancia. En muchas ocasiones, hechos que parecen obvios y que pueden ser refrendados en instantes con un rápido vistazo a un mapa, nos pasan desapercibidos porque tendemos a no analizar la información, a pesar de tenerla delante. Casco Histórico y Centro tienen en común ser el lugar de encuentro de ciudadanos y visitantes (Troitiño Vinuesa, 2003). Allí se concentran distintos elementos que nos

atraen de una u otra forma. Bares y restaurantes, museos, cines, teatros y salas de exposiciones se reparten por la zona. Las tiendas se distribuyen por avenidas principales y calles secundarias. En definitiva, la gente no se cae por dónde vive, se cae por donde pasea.

Esta reflexión, con el mapa de densidad de incidencias que lo representa y que vimos anteriormente, también fue elevada a los responsables de la gestión de los recursos para el mantenimiento del pavimento de la ciudad. Evidentemente, no pueden desviarse medios de una zona a otra de la ciudad, todos los distritos deben ser objeto de atención a la hora de reparar las deficiencias de la vía pública. No obstante, en vista de los resultados, se están planteando medidas que incrementen el esfuerzo que debe hacerse en zonas puntuales en las que se concentra un mayor número de personas.

Otro asunto que debe tenerse en cuenta a la hora de plantear mejoras en cuanto a la accesibilidad de las ciudades es el hecho de que puede resultar relativamente fácil aplicar la normativa vigente en proyectos de ejecución para el desarrollo de nuevas zonas de una ciudad en continuo crecimiento. También es relativamente fácil aplicar dicha normativa en reformas integrales de grandes avenidas, que ofrecen al proyectista un inmenso lienzo en blanco para distribuir calzadas, carriles bici, parterres para el arbolado y aún sobra espacio para grandes aceras, como en el tramo recién inaugurado de la avenida de Navarra (Imagen 10).

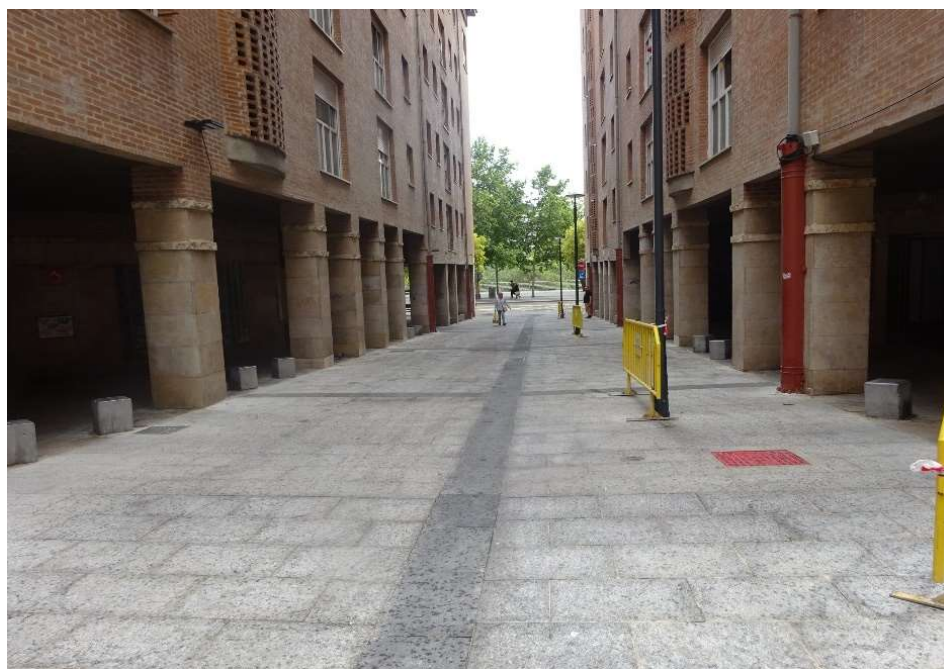


**Imagen 10.** Tramo recién inaugurado de la Avda. de Navarra (2023). Fuente: elaboración propia

El problema se plantea cuando nos disponemos a intentar solucionar las deficiencias de accesibilidad de cientos de calles estrechas heredadas del caótico, urgente o funcional desarrollo

que tuvieron ciertas zonas de la ciudad, tal y como hemos visto a lo largo del presente trabajo. En ocasiones, ni siquiera es posible cumplir la normativa en términos de accesibilidad, especialmente, si se pretende mantener el tráfico rodado por dichas calles. Un claro ejemplo de esta problemática es el casco histórico de las ciudades.

Como ya se ha avanzado, el entramado urbano de la zona más antigua de Zaragoza presenta unas características especiales debido al modelo de expansión seguido desde sus orígenes. Muchas de las calles que lo forman son muy estrechas, o tienen recovecos que dificultan las alineaciones de bordillos y aceras. En muchos de los casos no hay posibilidad alguna de cumplir la normativa de accesibilidad de forma convencional. Muchas de las calles del distrito Casco Histórico no tienen la anchura necesaria para construir dos aceras de 1,80 m. como mínimo, manteniendo una calzada central lo suficientemente ancha para el paso de vehículos. Es por ello que la solución que se ha adoptado en estas calles por parte del Consistorio es la de elevar las calzadas a la altura de las aceras, creando un único plano. Este modelo, que ha venido a denominarse de “plataforma única”, o, menos acertadamente, de “cota cero” ha sido el que se ha impuesto en estos últimos años. Muestra de ello, es que la calle Predicadores fue renovada e inaugurada apenas hace unos meses, en julio de 2022 (véase Imagen 11 en Anexo I), y mientras se está redactando esta memoria (mayo de 2023), las calles Mundir I, Arcedianos y Sepulcro están siendo renovadas con los mencionados criterios. Todas ellas pertenecen al distrito del Casco Histórico (Imagen 12).



**Imagen 12.** Adaptación de calle Mundir I a plataforma única (mayo de 2023). Imagen propia

Ya vimos que más de un 60% de las calles del Casco Histórico han sido remodeladas para adoptar este formato más accesible. No obstante, si bien parece existir consenso en los beneficios de estas adaptaciones de los itinerarios peatonales, no es menos cierto que comienzan a surgir quejas sobre los peligros de una deficiente ejecución de estas reformas. Son cada vez más las voces que advierten de la desorientación que se crea al fomentar grandes espacios públicos por los que circulan vehículos y transeúntes, sin que quede bien definido el espacio que cada uno debe ocupar en la vía pública. No es suficiente con que el peatón tenga preferencia, deben establecerse códigos que ayuden a transitar por esas calles. El mobiliario urbano o baldosas de distinto color y textura pueden servir como guía y orientación para estos colectivos (ONCE, 2018).

Deben buscarse referentes nacionales o internacionales que ya hayan testado soluciones en sus ciudades y que ayuden a discriminar lo que funciona de lo que no. Una de las ciudades españolas que más ha avanzado en este sentido es Vitoria-Gasteiz. Se parte de la base de que la solución no es el prohibir la circulación de vehículos a motor, sino transformar la ciudad con el fin de que se reduzca la necesidad de usarlos (Ruiz-Apilánez y Solís, 2021).

Se está avanzando en los últimos años en transformar la ciudad en una ciudad más accesible, pero puede que este esfuerzo no sea suficiente. Si queremos cumplir con los objetivos marcados por la Agenda 2030, en particular por el Objetivo 11, que es el que se centra en torno al ámbito de este documento, se debe acelerar el proceso de transformación de la ciudad. El problema es que es insuficiente con tener buenas ideas o buenas intenciones. Las reformas del entramado urbano conllevan un gran desembolso económico y difícilmente pueden ser llevadas a cabo sin la ayuda de gobiernos centrales o de subvenciones externas.

Las herramientas implementadas a lo largo de este trabajo han sido de utilidad en cada uno de los tres distritos elegidos, independientemente de las grandes diferencias que presentaban en cuanto a la geometría y tipología de sus calles. Por ello, se entiende que pueden ser extensibles al resto de la ciudad e incluso a otras ciudades que también dispongan de planos en CAD o en cualquiera de los formatos admitidos por los SIG, teniendo en cuenta que las coordenadas de las entidades dibujadas han debido de ser tomadas con una precisión acorde a los resultados que se pretenda obtener.

Muchas veces se dispone de los datos, se tienen las herramientas, y sólo es necesario pararse a pensar en qué secuencia deben ordenarse unos y otras para solucionar grandes problemas. Este trabajo puede convertirse en una ayuda más para aquellos que, teniendo los mimbres, todavía no han pensado en cómo hacer el cesto.

Con este documento se deja la puerta abierta a una importante línea de estudio. Un desarrollo más profundo de las herramientas utilizadas permitiría diseñar y elaborar un mapa del nivel de accesibilidad de todos los distritos de la ciudad de Zaragoza, incluyendo los barrios rurales. Los más de 15.000 pasos de peatones inventariados podrían convertirse en nodos de una red de itinerarios peatonales, y los atributos ya vistos de dichos pasos podrían servir para ponderar dichos recorridos y obtener las rutas óptimas en función de si se va andando, en silla de ruedas o si se tienen dificultades visuales. Un sistema al que se pudiera alimentar con distintas variables como condiciones de iluminación de las calles, edad media de los habitantes por distritos o incluso por portales, que pudieran superponerse capas de atractores como colegios, institutos, hospitales, centros de salud, estadios, grandes superficies, parques, museos etc., a los que se podría asignar pesos en función de la tipología, del día de la semana o del horario.

Un trabajo académico que recogiera el testigo del presente estudio podría avanzar en el concepto de *smart city* (Bouskela et al., 2016) e incluso materializarse en una aplicación centrada en la accesibilidad y la movilidad sostenible, que permitiera la obtención de rutas peatonales a demanda. Un desarrollo futuro podría establecer distinciones entre rutas verdes, rutas culturales, rutas más rápidas, rutas más seguras, y en definitiva, ayudar a potenciar un modelo de infraestructura urbana universal, una ciudad accesible para todos.

## 7. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha realizado un análisis de la accesibilidad de los tres distritos de la ciudad de Zaragoza que conforman la margen derecha más cercana al Ebro: La Almozara, Casco Histórico y Las Fuentes. Se ha demostrado cómo los orígenes y evolución histórica de cada uno han influido en la fisonomía que presentan sus entramados urbanos en la actualidad. Estas particularidades han derivado en distintas medidas de renovación de sus calles con el fin de adaptarlas a las necesidades de los ciudadanos, especialmente de personas con movilidad reducida o con diferentes problemas de percepción visual.

Son muchos los parámetros que intervienen en conseguir acercarnos a la accesibilidad universal. Este estudio se ha centrado principalmente en aquellos que tienen una mayor relación con las geometrías de los pavimentos que integran los itinerarios peatonales accesibles (IPA), es decir, anchura de aceras, rebajes de bordillos en cruces de calzadas e incidentes provocados por el mal estado del firme, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- Se ha conseguido automatizar la localización de las zonas en las que el IPA no alcanzaba la anchura suficiente para cumplir con la normativa vigente en términos de accesibilidad, cuantificando la gravedad de dichas deficiencias. La falta de cartografía de precisión sobre el emplazamiento de alcorques y farolas ha exigido una labor de campo previa, si bien solo han tenido que tomarse unos datos mínimos de poco más de un 16% de las calles objeto de estudio.
- La cartografía del estado de los rebajes de pasos de peatones nos ha permitido conocer qué zonas de la ciudad presentan mayor déficit en este sentido. Los tres barrios de la zona de estudio muestran porcentajes inferiores al 6% de media obtenido del total de los distritos municipales de la ciudad. Cabe destacar que en Casco Histórico sólo 10 de los 620 pasos inventariados, el 1,6%, están pendientes de ser rebajados. A pesar de ello, la comprobación de resultados nos ha permitido saber que parte de los pasos sin adaptar se encuentran en zonas de acceso a centros de salud.
- El análisis de las denuncias recibidas por el Ayuntamiento debido a caídas en la vía pública y la representación gráfica del emplazamiento de las mismas, ha permitido encontrar una serie de patrones. La densidad de incidentes en los distritos Casco Histórico y Centro nos lleva a concluir que los ciudadanos no se caen por donde viven sino por donde más pasean.
- Finalmente, se ha conseguido establecer una serie de protocolos de actuación para que la información recogida con los procedimientos desarrollados en este estudio llegue a los representantes municipales que deben velar por la conservación del pavimento y por la

eliminación de barreras arquitectónicas. Los informes que se obtengan a partir de estas herramientas serán utilizados por los técnicos del Servicio de Conservación de Infraestructuras del Ayuntamiento de Zaragoza para dar prioridad de actuación a las deficiencias que revisten mayor gravedad.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Adiego, E., Baguena, J.A., Calvo, J.L., Grillo, E., Guelbenzu, C., Guelvenzu, V., Félez, J., Moreno, M. J. y Taboada, A. (Eds.) (1981a). *Zaragoza barrio a barrio. Casco Viejo, Ensanches, Casablanca*. Zaragoza: Cometa.

Adiego, E., Baguena, J.A., Calvo, J.L., Grillo, E., Guelbenzu, C., Guelvenzu, V., Félez, J., Moreno, M. J. y Taboada, A. (Eds.) (1981b). *Zaragoza barrio a barrio. La Almozara y Delicias*. Zaragoza: Cometa.

Andrés López, G. (2019). "Las ciudades medias industriales en España. Evolución histórica, proceso de urbanización y estructura urbana/The industrial medium size cities in Spain. Historical evolution, urbanization process and urban structure". *Ería*, 39(1), pp. 25-49.

Aracil, R., Aracil Martí, R., Oliver i Puigdomènech, J. y Segura, A. (1998). *El mundo actual: de la Segunda Guerra Mundial a nuestros días*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona.

Ayuntamiento de Barcelona (2015). *Plan de Movilidad Urbana de Barcelona PMU 2013-2018*. Disponible en: <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/es/que-hacemos-y-porque/movilidad-activa-y-sostenible/plan-de-movilidad-urbana> [Consultado 17-5-2023]

Ayuntamiento de Zaragoza (2023). *Ordenanza de Accesibilidad del Municipio de Zaragoza*. Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza. Disponible en: [https://www.zaragoza.es/sede/servicio/normativa/eli/es-ar-01502973/odnz/2023/04/20/\(1\)](https://www.zaragoza.es/sede/servicio/normativa/eli/es-ar-01502973/odnz/2023/04/20/(1)) [Consultado 15-5-2023]

Blanco Velasco, M.C. (2022). "Neuro urbanismo y regeneración urbana para el diseño de espacios públicos accesibles de ciudad inclusiva". *WPS Review International on Sustainable Housing and Urban Renewal*,(11-12), pp. 30-110.

Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C. y Facchina, M. (2016). *La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente*. Washington DC: BID.

Bustillo Holgado, E. y Rodríguez Bustamante, (2015). "Los Sistemas de Información Geográfica y las ciudades inteligentes". *Polígonos. Revista de Geografía*, 27, pp. 257-270.

Calavia Valdovinos, J. (2022). *Análisis de la accesibilidad y movilidad diaria del distrito delicias de Zaragoza: situación y propuestas para el plan de movilidad urbano sostenible de Zaragoza*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Zaragoza.

Cereceda Otárola, M. (2018). *Desplazamientos a ciegas: Un estudio etnográfico sobre los movimientos y movilizaciones urbanas de las personas con diversidad visual en Barcelona*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

Cervero Sánchez, N. (2011). "Reflexiones sobre la recuperación de vivienda social de la autarquía (1939-1961) a partir de la experiencia en el grupo Girón de Zaragoza, España". En: Hernández León, J. M. y Espinosa de los Monteros, F. (Coord.). *Criterios de Intervención en el Patrimonio Arquitectónico del Siglo XX*. Madrid: Conferencia Internacional CAH20thC.

Díaz, J.L. (2002). "La vivienda social en Madrid, 1939-1959". *Espacio Tiempo y Forma. Serie VII, Historia del Arte*, (15), pp. 297-338. DOI: <https://doi.org/10.5944/etfvii.15.2002.2401>

European Commission (2016). *Urban Agenda for the EU: Pact of Amsterdam*. Amsterdam. Disponible en: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/policy/themes/urban-development/agenda\\_en](https://ec.europa.eu/regional_policy/policy/themes/urban-development/agenda_en) [Consultado 3-6-2023]

García Gómez, S. (2009). "Zaragoza-Delicias, génesis de una nueva ciudad". En: García Guatas, M. S., Lorente Lorente, J. P. y Yeste Navarro, I. A. (Coord.). *La ciudad de Zaragoza de 1908 a 2008 (XIII Coloquio de Arte Aragonés)*, Zaragoza: Coleccionactas, pp. 367-376.

García Martín, F.M., Martín García, J. y Ros Sempere, M. (2014). "Cartografiado colectivo para la enseñanza del urbanismo", *II Congreso Internacional de Innovación Docente*. CIID: Murcia, 20 y 21 de febrero de 2014. Murcia: Universidad de Murcia, pp. 1056-1065.

Guzmán Ramírez, A. y Hernández Sainz, K.M. (2013). "La fragmentación urbana y la segregación social. Una aproximación conceptual.". *Legado de Arquitectura y Diseño*, 8(14), pp. 41-56.

Hernández Partal, S. y de Santiago Rodríguez, E. (2019). "Las sinergias entre la Agenda Urbana Española y otras agendas y estrategias". *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 51(202), pp. 835-846.

Lazaroiu, G.C. y Roscia, M. (2012). "Definition methodology for the smart cities model". *Energy*, 47(1), pp. 326-332. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.028>

Libro Verde (2007). *Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana*. Bruselas: Comisión de las Comunidades Europeas.

López de Lucio, R. (1993). *Ciudad y urbanismo a finales del siglo XX*. Valencia: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia.

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, MITMA (2019). *Agenda Urbana Española*. Disponible en: <https://www.aue.gob.es/> [Consultado 2-06-2023]

Moreno, C. (2020). *La Ciudad de los 15 Minutos (Smart Cities)*. *CICM oficial* [Youtube]. 26 de agosto. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=hmlAnYm74n8> [Consultado 12-05-2023]

Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> [Consultado 2-05-2023]

Navarro Martínez, J.J. (2021). *Caracterización de la movilidad en el barrio de Las Fuentes (Zaragoza): análisis de accesibilidad y propuestas de mejora*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Zaragoza.

Nebot Beltrán, F. (2020). "Guía básica de espacios públicos y movilidad amable. Elemento de reflexión y base para actuaciones". *Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, 228, pp. 61-70.

ONCE (2018). *Plataformas únicas. Criterios ONCE*. Dirección de autonomía personal, atención al mayor, juventud y deporte. Disponible en: <https://portal.once.es/bibliotecas/fondo-bibliografico-discapacidad-visual/plataformas-unicas-criterios-once>. [Consultado 25-05-2023]

ONU, Hábitat III (2016). *Nueva Agenda Urbana*. Disponible en: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-nueva-agenda-urbana-en-espanol> [Consultado 2-06-2023]

Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados. *Boletín Oficial del Estado*, n. 61, de 11 de marzo de 2010.

Orden TMA/851/2021, de 23 de julio, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y la utilización de los espacios públicos urbanizados. *Boletín Oficial del Estado*, n. 187, de 6 de agosto de 2021.

Orte Sierra, I. (2019). *Análisis de la movilidad peatonal urbana para personas con diversidad funcional a través del uso de Información Geográfica Voluntaria*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Zaragoza.

Quílez Aznar, I. (2021). *Evaluación del modelo cronourbanista de la "Ciudad de los 15 minutos" en Zaragoza*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Zaragoza.

Relinque Medina, F., Vázquez Aguado, O. y Fernández Borrero, M. A. (2019). "Origen y evolución de las políticas sociales de vivienda en Europa". *Cuestión Urbana*, 3 (5), pp 64-78.

Revisión del Plan de Movilidad Urbana Sostenible del municipio de Zaragoza (2019). Ayuntamiento de Zaragoza. Disponible en: <https://www.zaragoza.es/sede/portal/movilidad/plan-movilidad/>. [Consultado 15-5-2023]

Ruiz-Apilániz, B. y Solís, E. (Eds.) (2021). *A pie o en bici. Perspectivas y experiencias en torno a la movilidad activa*. Toledo: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Santos Preciado, J.M. (2020). *Sistemas de información geográfica*. Editorial UNED.

Sanz Aldúan, A. (2008). *Calmar el tráfico: Pasos para una nueva cultura de la movilidad urbana*. Madrid: Ministerio de Fomento

Sevilla Callejo, M., Cámara, C., Ochoa, H., Orte Sierra, I. y Mingot, E. (2019). "Preparémonos para cartografiar datos de accesibilidad en OSM". *Conference: XIII Jornadas SIG Libre*. Universidad de Girona, Mayo de 2019.

Troitiño Vinuesa, M.Á (2003). "La protección, recuperación y revitalización funcional de los centros históricos". *Colección Mediterráneo Económico- Arquitectura y Espacio Urbano*, 3, pp. 131-160.

World Health Organization (2007). *Ciudades globales amigables con los mayores: una guía*. Ginebra: WHO.

## ANEXO I



**Imagen 1.** Estrechamiento IPA calle Padre Landa (La Almozara) . Fuente: elaboración propia



**Imagen 2.** Paso rebajado, con baldosa distintiva y direccional (CRD). Fuente: elaboración propia



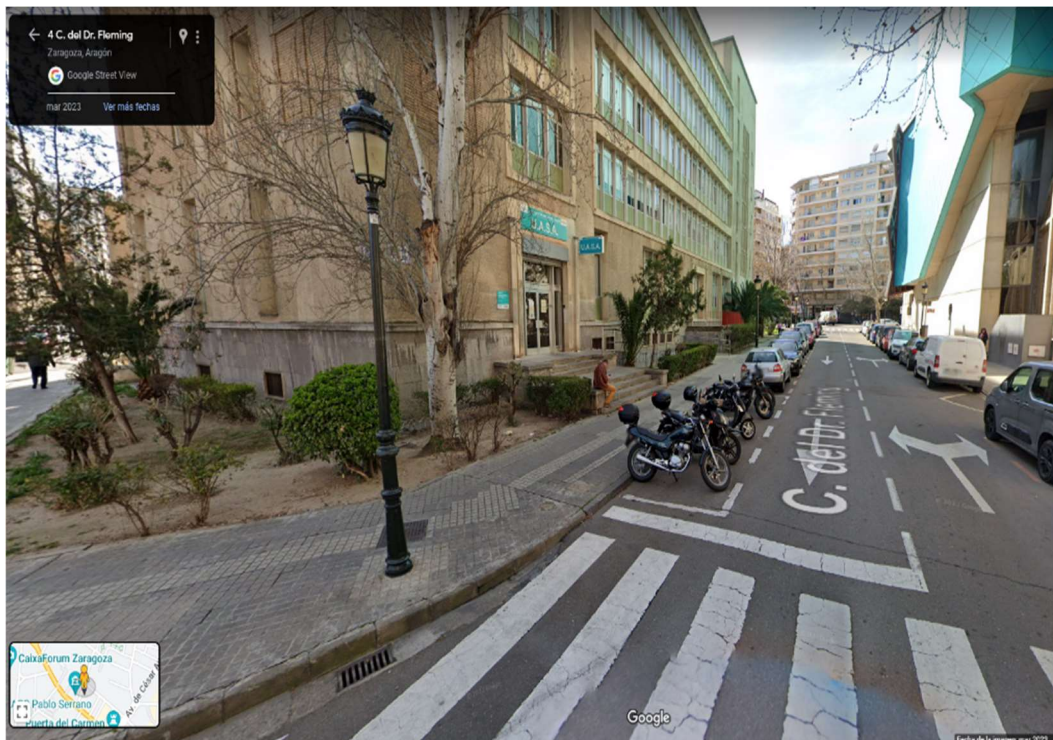
**Imagen 3.** Paso rebajado, sin baldosa distintiva (CRND). Fuente: elaboración propia



**Imagen 4.** Paso de peatones con bordillo sin rebajar (SR) . Fuente: elaboración propia



**Imagen 5.** Baldosas levantadas por empuje de raíces en calle Sobrarbe. Fuente: elaboración propia



**Imagen 8.** Pasos sin rebajar y que serán adaptados próximamente. Fuente: Google Street View



**Imagen 9.** *Calle San Blas. Ejemplo de paso mal rebajado. Fuente: imagen propia*



**Imagen 11.** *Calle Predicadores. Ejemplo de modelo de plataforma única. Fuente: imagen propia*