



# Modelo de Accesibilidad Peatonal (MAP).

ÍNDICE DE ACCESIBILIDAD PEATONAL A ESCALA BARRIAL\*

PEDESTRIAN ACCESSIBILITY MODEL.

Pedestrian accessibility index at neighborhood scale

MODELO DE ACESSIBILIDADE PARA PEDESTRES.

Índice de acessibilidade para pedestres a uma escala de bairro

**Mariana Esquivel-Cuevas**

Arquitecta de la Universidad de Monterrey. Magister en Arquitectura y Nuevo Urbanismo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. [ec.mariana@gmail.com](mailto:ec.mariana@gmail.com)

**Oscar Arturo Hernández-Mercado**

Arquitecto y Magister en Arquitectura y Nuevo Urbanismo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Jefe del Departamento de Planeación y Diseño Urbano del Municipio de Querétaro. [oscar.h.mercado@gmail.com](mailto:oscar.h.mercado@gmail.com)

**Rubén Garnica-Monroy**

Arquitecto de la Universidad de las Américas Puebla, Doctor en Estudios Urbanos y Ambientales de El Colegio de México. Profesor Investigador en el Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro. [rumonroy@itesm.mx](mailto:rumonroy@itesm.mx)

**Recibido:** 06 de Agosto de 2013

**Aprobado:** 12 de Noviembre de 2013

## Resumen

En muchas ciudades contemporáneas las conexiones de pequeña escala dentro de las redes de movilidad urbana han perdido importancia. Los gobiernos han dedicado gran cantidad de recursos a la producción de infraestructura para el uso de los medios de movilidad motorizada bajo un paradigma añejo de modernidad y progreso, que muchas veces segregan más de lo que conectan. Esta investigación busca desarrollar un modelo basado en Sistemas de Información Geográfica que permita evaluar el potencial de la movilidad peatonal de un entorno urbano, así como la calidad de la infraestructura dedicada al peatón a escala urbana y barrial. A partir de ello, se desea generar información valiosa para el desarrollo de políticas públicas y la implementación de acciones específicas para mejorar la accesibilidad peatonal, reconociendo al ser humano como el protagonista de la ciudad y al barrio como la unidad básica que permite el encuentro y la cohesión social.

**Palabras clave:** accesibilidad, peatonalidad, barrio, índice, SIG.

## Abstract

In many contemporary cities, the importance of small-scale connections within networks of urban mobility has been lost, devoting significant resources to the production of car-oriented infrastructure, under an old paradigm of modernity and progress, that often tends to segregate more. This research pretends to build a model based on Geographic Information Systems, to assess the potential for pedestrian mobility of an urban environment and the quality of infrastructure dedicated to pedestrians at two scales: urban scale and neighborhood scale, generating valuable information for the public policy development and implementation of specific actions to improve pedestrian accessibility, and recognizing the human being as the protagonist of the city and the neighborhood as a basic unit that allows the meeting and social cohesion.

**Keywords:** Accessibility, walkability, Neighborhood, Index, GIS.

## Resumo

Em muitas cidades contemporâneas, a importância das ligações de pequena escala dentro das redes de mobilidade urbana foi perdido, dedicando recursos significativos para infra-estrutura para o carro, baixo um velho paradigma da modernidade e do progresso, que muitas vezes tende a segregar mais. Esta pesquisa pretende construir um modelo baseado em Sistemas de Informação Geográfica, para avaliar o potencial de mobilidade de pedestres de um ambiente urbano e da qualidade da infra-estrutura dedicada aos pedestres em duas escalas: escala urbana e escala do bairro, gerando informações valiosas para o desenvolvimento de políticas públicas e execução de ações específicas para melhorar a acessibilidade de pedestres, e reconhecendo o ser humano como o protagonista da cidade e do bairro, como uma unidade básica que permite o encontro com a coesão social.

**Palavras-chave:** Acessibilidade, Pe-destre, Bairro, Índice, SIG.

*“Una buena accesibilidad es aquella que pasa desapercibida a los usuarios”*

*Andrea Boudeguer Simonetti*

## Introducción

Las ciudades han crecido de manera exponencial en las últimas décadas respondiendo principalmente a factores mercantiles, es decir, sujetas a la ley del mercado, lo que entre otras cosas, las ha convertido en zonas distantes, faltas de vida pública y altamente fragmentadas, segregando a gran parte de la población especialmente a aquella con menos recursos. El resultado de esta fragmentación se observa en los nuevos desarrollos que, en su mayoría, presentan una pérdida generalizada de la escala de barrio, lo que ha provocado que exista una menor accesibilidad peatonal a equipamientos, servicios e infraestructura, al igual que una disminución de intercambios sociales y económicos de pequeña escala.

### **Mariana Esquivel-Cuevas**

Arquitecta de la Universidad de Monterrey con reconocimiento Cum Laude y magister en Arquitectura y Nuevo Urbanismo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Arquitecta asociada en Bahareque Arquitectura y colabora en la ONG Hábitat sin Fronteras.

### **Oscar Arturo Hernández-Mercado**

Arquitecto graduado con honores del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y magister en Arquitectura y Nuevo Urbanismo de la misma institución. Jefe del Departamento de Planeación y Diseño Urbano del Municipio de Querétaro y consultor independiente en planeación y análisis urbano.

### **Rubén Garnica-Monroy**

Arquitecto de la Universidad de las Américas Puebla, Doctor en Estudios Urbanos y Ambientales de El Colegio de México. Profesor Investigador en el Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro.

Aunado a esta problemática, se encuentra la pérdida de densidad y el desparramamiento de la ciudad que vuelve más difícil dar cobertura a toda la mancha urbana. Esta situación aumenta la necesidad de mayores traslados y la dependencia del automóvil, generando problemas de tráfico, contaminación y pérdida de la productividad.

Hoy en día se destinan una gran cantidad de recursos económicos al desarrollo de proyectos urbanos orientados al transporte motorizado y pocos recursos a proyectos que promuevan la movilidad peatonal. Lo anterior, provoca que los habitantes no tengan pleno acceso a las diversas redes que conforman la ciudad, por lo cual, es clara la necesidad de hacer efectivo el derecho a la ciudad. Para ello es preciso diseñar herramientas que permitan a la población y a las autoridades generar diagnósticos sobre la situación actual de manera sencilla y económica que, a su vez, faciliten la implementación de soluciones puntuales en los barrios para impulsar la movilidad peatonal, ayudando a la transformación positiva de nuestras ciudades hacia un horizonte más sustentable, democrático, justo y equitativo.

Ante este panorama, la Cátedra de Investigación Nuevo Urbanismo en México (CINUM) se ha dado a la tarea de desarrollar un Modelo de diagnóstico de accesibilidad peatonal a equipamientos, infraestructura y servicios (MAP) con el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), en el entendido de que una ciudad que tiene accesibilidad peatonal y facilita la movilidad intermodal es una ciudad más sostenible, justa y competitiva. El objetivo principal de este Modelo es crear un instrumento de diagnóstico que brinde información técnica, útil y precisa a la población y a los gobiernos locales que estén interesados en realizar intervenciones para el mejoramiento de la accesibilidad peatonal a escala de barrio.

La investigación sienta sus bases en el hecho de que la ciudad es un sistema complejo.

Las ciudades resultan ser problemas de complejidad organizada, como las ciencias de la vida. Presentan situaciones en las que una media docena o incluso varias docenas de cantidades están variando simultáneamente de formas sutilmente interconectadas. Estas pueden ser analizadas como ciencias de la vida, ya que se encuentran interrelacionadas unas con otras. Las variables son muchas, pero no sin un orden ni concierto, sino que se interrelacionan en un todo orgánico (Jacobs, 1961: 442).

La ciudad se conforma de redes y su adecuada articulación en un orden jerárquico propicia el funcionamiento óptimo del sistema, en ese sentido, entendemos que “la red urbana es una estructura con una organización compleja que existe primordialmente en el espacio entre edificios. Cada edificio encierra y delimita uno o más nodos de actividad humana” (Salingaros, 2007: 5).

El presente trabajo se enfoca en el análisis de una de las escalas más pequeñas de la red urbana: la red peatonal.

La conectividad a escala peatonal se basa en la movilidad peatonal y en potencial del espacio urbano para actuar como una interfaz de información. La conectividad a escala peatonal puede relacionarse positivamente con los ciclos económicos locales, la diversidad social y la conservación del medio ambiente (Philibert Petit, 2006: 24).

Mediante el uso de SIG, el MAP busca cuantificar la cantidad de nodos de actividad humana que incentiva la movilidad peatonal dentro de un entorno urbano dado. A esto le llamamos Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala Urbana (IAPEU). A su vez, el Modelo evalúa la calidad de la red que conecta dichos nodos de actividad, a esto le llamamos Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala de Barrio (IAPEB).

El IAPEU permite comparar el potencial peatonal entre distintos barrios o sectores de una ciudad en términos de la densidad de equipamientos y servicios a los cuales es posible acceder peatonalmente desde un origen dado. El IAPEB, en cambio, evalúa la existencia y la calidad de la infraestructura peatonal disponible en dicho entorno necesaria para moverse desde un punto hasta cada uno de los destinos posibles. En conjunto, ambos índices brindan información valiosa necesaria para el desarrollo de proyectos estratégicos de regeneración urbana a escala barrial orientados a mejorar la accesibilidad peatonal.

## Estudios existentes sobre la accesibilidad peatonal

El estudio de la accesibilidad peatonal es un tema de relevancia internacional. Actualmente existe una mayor conciencia sobre los beneficios implícitos con los que cuentan las ciudades más caminables, beneficios económicos, sociales y medioambientales. En los últimos años se han desarrollado diversos estudios que buscan medir la accesibilidad peatonal a diversas

escalas y con diversas técnicas y tecnologías, sin embargo, pocos han tenido continuidad y no han sido de fácil acceso para la población en general.

Debido a la dificultad para acceder a información confiable, actualizada, verificada y estandarizada sobre accesibilidad peatonal, ha sido complicado desarrollar modelos de evaluación de peatonalidad especialmente en los países de América Latina. Otra limitante es la falta de estándares internacionales que fijen parámetros y variables que permitan realizar evaluaciones comparativas en diversas ciudades.

En el caso específico de México existe poca documentación sobre metodologías de evaluación de accesibilidad peatonal y el avance de las tecnologías de información es muy limitado. Los Sistemas de Información Geográfica no son actualmente una herramienta de uso cotidiano en la investigación y planeación urbana, desaprovechando las oportunidades que esta tecnología ofrece. Los modelos análogos son difíciles de aplicar en el país ya que no se encuentran adaptados al contexto mexicano, no se cuenta con el equipo necesario o la información requerida no está disponible.

Como respuesta a lo anterior, este Modelo tiene como objetivo generar una herramienta compatible a diversos contextos que, además, sea fácil de aplicar e interpretar. El MAP representa una gran innovación porque permite aprovechar los avances tecnológicos que ofrecen los SIG, con una capacidad para analizar grandes zonas urbanas en cortos periodos de tiempo y con un costo económico muy bajo.

## Construcción del MAP

El Modelo de Accesibilidad Peatonal (MAP) permite evaluar la accesibilidad peatonal a escala urbana y barrial, con el objetivo de analizar la ciudad con una visión más amplia que permita generar información útil para llevar a cabo proyectos de intervención y regeneración a gran y pequeña escala. El MAP genera dos índices: el primero, es un Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala Urbana (IAPEU) y el segundo, es un Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala Barrial (IAPEB).

La escala urbana mide el grado de accesibilidad peatonal a equipamiento, infraestructura y servicios que tiene una ciudad y se refleja primero a nivel de manzana y después se promedia a nivel de barrio. La escala de barrio mide la accesibilidad de la red peatonal integrada, el grado de confort y la calidad de la infraestructura peatonal. En conjunto, ambos índices conforman la accesibilidad peatonal neta de un entorno urbano dado.

Debido a la complejidad y a la extensión de este Modelo, se ha dividido la investigación en dos etapas. En la primera, se presenta una evaluación del IAPEU en la ciudad de Santiago de Querétaro y, a partir de estos resultados, inicia la segunda etapa del proyecto en donde se evalúa el IAPEB en dos barrios de la misma ciudad.

## Índice de Accesibilidad Peatonal a equipamientos, infraestructura y servicios a Escala Urbana (IAPEU)

Como antecedente del análisis de accesibilidad a escala barrial se presenta el IAPEU, que evalúa el área de servicio o cobertura espacial de equipamientos y servicios a escala peatonal. Esta evaluación se genera mediante la técnica de *análisis de redes* usando un Sistema de Información Geográfica (SIG), con el cual, es posible determinar las distancias reales de la red peatonal con relación a cada elemento analizado.

Para la construcción del IAPEU fue necesaria la definición de diferentes variables que reflejaran la cantidad de destinos generadores de viajes peatonales desde un origen dado. Estos destinos pueden actuar en tres escalas distintas propuestas por Carmona (2003), basadas en Castells (1998): escala regional (metropolitana), escala urbana y escala local o barrial, lo que se entiende como la escala institucional, administrativa y operacional. Sin embargo, sólo se analizaron los destinos de escala local y no se consideraron aquellos equipamientos o servicios de escala regional puesto que dichos elementos tienen un carácter menos barrial y, por consiguiente, generalmente se accede a ellos por otros modos tales como el transporte público, vehículo particular, etc. Estas variables se clasificaron y ponderaron tomando en cuenta el grado de atracción peatonal, la calidad de la información, su origen, actualidad y disponibilidad para que pudieran ser consideradas en diferentes contextos urbanos, asegurando la posibilidad de replicar el Modelo.

Para su aplicación en México se trabajó con la información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) generado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el cual, se caracteriza por generar información estadística confiable y de calidad en el país. Los datos obtenidos por el INEGI representaron el 90% de la información utilizada, mientras que el otro 10% fue generada en campo u obtenida a través de otros organismos o centros de investigación, como la Cátedra de Investigación Nuevo Urbanismo en México (CINUM).

Una vez que se reclasificó la información obtenida, se definieron los siguientes grupos de equipamientos y servicios que tienen mayor influencia en la actividad peatonal a escala local:

- Asistencia social
- Servicios de abastecimiento
- Transporte público
- Recreación
- Cultura
- Salud
- Educación

Los grupos se componen de una o más variables dependiendo del grado de complejidad y la información disponible para un total de veintinueve variables, las cuales, se muestran en la siguiente tabla:

GRUPO	INDICADOR	PROPIEDAD
ASISTENCIA SOCIAL	SERVICIOS DE ASISTENCIA SOCIAL	PRIVADO
	EQUIPAMIENTO DE ASISTENCIA SOCIAL	PÚBLICO
SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO	RESTAURANTES Y CAFETERÍAS	PRIVADO
	TIENDAS DE CONVENIENCIA	PRIVADO
	T. DE ABARROTES, FRUTERÍAS Y MISC.	PRIVADO
	MERCADOS PÚBLICOS	PÚBLICO
TRANSPORTE	SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	PÚBLICO
RECREACIÓN	ESPACIO PÚBLICO	PÚBLICO
CULTURA	SERVICIOS CULTURALES	PRIVADO
	EQUIPAMIENTO CULTURAL	PÚBLICO
SALUD	FARMACIAS	PRIVADO
	SERVICIOS DE SALUD - CLÍNICAS	PRIVADO
	EQUIPAMIENTO DE SALUD - CLÍNICAS	PÚBLICO
	SERVICIOS DE SALUD - HOSPITALES	PRIVADO
	EQUIPAMIENTO DE SALUD - HOSPITALES	PÚBLICO
EDUCACIÓN	SERVICIOS EDUCATIVOS - PREESCOLAR	PRIVADO
	EQUIPAMIENTO EDUCATIVO - PREESCOLAR	PÚBLICO
	SERVICIOS EDUCATIVOS - PRIMARIA	PRIVADO
	EQUIPAMIENTO EDUCATIVO - PRIMARIA	PÚBLICO
	SERVICIOS EDUCATIVOS - SECUNDARIA	PRIVADO
	EQUIPAMIENTO EDUCATIVO - SECUNDARIA	PÚBLICO
	SERVICIOS EDUCATIVOS - MEDIA SUPERIOR	PRIVADO
	EQUIPAMIENTO EDUCATIVO - MEDIA SUPERIOR	PÚBLICO
	SERVICIOS EDUCATIVOS - SUPERIOR	PRIVADO
	EQUIPAMIENTO EDUCATIVO - SUPERIOR	PÚBLICO
	SERVICIOS EDUCATIVOS - ESPECIAL	PRIVADO
	EQUIPAMIENTO EDUCATIVO - ESPECIAL	PÚBLICO

Tabla 1. Grupo de variables IAPEU. Fuente: elaboración propia.

La valoración de estas veintinueve variables no puede ser lineal, por lo tanto, se les asigna un valor ponderado según un estudio de destinos peatonales realizado para esta investigación, dándole mayor peso a aquellos indicadores detectados como importantes para el peatón y que además sean de tipo público. Es importante considerar que dichos valores deben ser calibrados para cada entorno urbano pues los patrones de comportamiento y elección pueden variar de una ciudad a otra.

Para determinar los rangos con los cuales se fijaría la ponderación de los diferentes indicadores se realizó un estudio para determinar la distancia que un peatón estaba dispuesto a caminar en un entorno urbano dado, usando una aplicación para teléfonos celulares con GPS integrado llamada "Everytrail", la cual, registra distancia, tiempo, velocidad promedio y pendiente durante un recorrido. Los rangos resultantes fueron usados para evaluar el nivel de cobertura de un equipamiento o servicio y representan el grado de accesibilidad peatonal desde el punto de origen, obteniendo mayor ponderación a mayor cercanía. Se pueden

interpretar en términos de distancia o de tiempo de la siguiente manera: 5 minutos = 0-400 metros, 10 minutos = 400-800 metros, 20 minutos = 800-1600 metros y 30 minutos = 1600-2000 metros.

De esta manera se realizó un análisis de la cobertura o alcance real para cada una de las veintinueve variables según la distancia que una persona estaría dispuesta a caminar para llegar a su objetivo. Dichas coberturas fueron integradas espacialmente mediante la técnica de *álgebra de mapas* para conformar el IAPEU, agrupando los resultados a nivel de manzana. La elección de la manzana como unidad geográfica básica obedece a la disponibilidad de información censal con este nivel de detalle, además de permitir realizar estudios comparativos para evaluar las relaciones entre la accesibilidad peatonal y las características demográficas y socioeconómicas de un entorno urbano dado. En países que no cuentan con este nivel de detalle de información censal se puede utilizar otra unidad geográfica básica como la colonia, el barrio, las unidades geostatísticas básicas, entre otras.

Finalmente, se aplicaron valores de impedancia penalizando a aquellas manzanas que contaran con pendientes muy pronunciadas o con largos de cuadra muy grandes, elementos que desincentivan la movilidad peatonal. El resultado del análisis de esta primera etapa se muestra en el mapa de resultados del Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala Urbana (IAPEU), en donde se pueden identificar aquellas zonas con mayor y menor accesibilidad peatonal a equipamientos y servicios evaluada en una escala del 0 al 100, donde el 0 representa una manzana con un bajo o nulo grado de accesibilidad y el 100 un acceso total. En otras palabras, esto significa que situada en esa manzana, una persona puede acceder caminando a un determinado número de los elementos analizados dada su cercanía y características morfológicas básicas que lo permiten.

La ventaja de este Modelo es la relativa facilidad con la que se puede aplicar para evaluar una ciudad entera mientras exista la información necesaria, siendo la adecuación y estandarización de dicha información, el proceso más dispendioso. Es importante considerar que a este nivel sólo es posible determinar cuáles son las zonas con mayor y menor densidad de equipamientos y servicios cercanos a los cuales se puede acceder caminando, que para efectos de este estudio, representan el potencial de que exista la movilidad peatonal, considerando que un entorno urbano con baja densidad de actividades es menos atractivo para ser caminado y viceversa. Sin embargo, este análisis no evalúa las características de la red peatonal que conecta tales actividades para saber si la red permite a los usuarios acceder de manera efectiva a cada uno de los elementos evaluados. El Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala de Barrio (IAPEB) se enfoca precisamente en la evaluación de la infraestructura peatonal, por lo que se trata de un mayor nivel de detalle.

Para la siguiente etapa del proyecto fue necesario modificar el nivel de agregación de los valores obtenidos del IAPEU por medio de una *intersección espacial* para así visualizar los resultados a nivel de barrio y no a nivel de manzana, y posteriores, poder

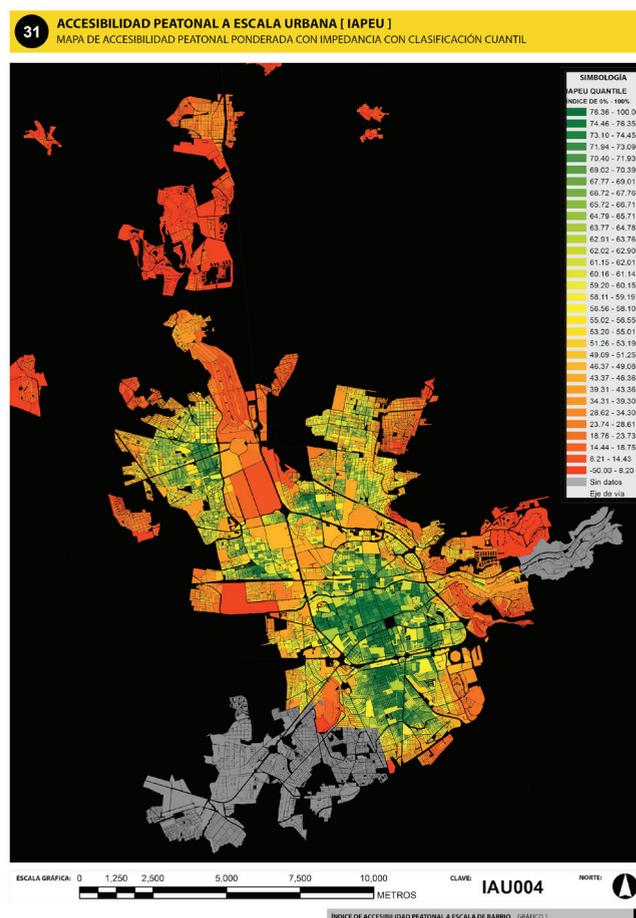


Figura 1. Mapa del Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala Urbana (IAPEU) para la ciudad de Santiago de Querétaro. Fuente: elaboración propia.

hacer comparaciones con el IAPEB. Con ello, es posible identificar los barrios con mayor y menor accesibilidad peatonal promedio o con impedancias fuertes como pendientes pronunciadas o largos de cuadra muy grandes, que tenderán a desincentivar la movilidad peatonal a pesar de que la infraestructura peatonal tenga excelentes condiciones.

Los casos de estudio seleccionados para aplicar el Modelo representan dos escenarios contrastantes con características socioeconómicas y espaciales distintas. El primer caso de estudio es el barrio San Sebastián, un barrio tradicional de la época colonial, contiguo al centro histórico de la ciudad de Santiago de Querétaro, mientras que el segundo es la colonia Arboledas, la cual, fue edificada en las últimas décadas.

Según los resultados de la evaluación del IAPEU, el barrio tradicional de San Sebastián obtuvo una calificación de 79.16/100 y la colonia Arboledas obtuvo 49.60/100, de forma que el primero tiene mayor potencial peatonal con mayor cobertura de equipamientos y servicios a una distancia caminable, mientras que el segundo se podría definir como poco peatonal y con baja cobertura.



Figura 2. Mapa de la cobertura de equipamiento cultural (variable del IAPEU) para dos casos de estudio en la ciudad de Santiago de Querétaro. Fuente: elaboración propia.

## Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala de Barrio (IAPEB)

La importancia del IAPEB para esta investigación radica en el nivel de detalle de los resultados obtenidos ya que evalúa cada elemento que conforma la infraestructura peatonal, brindando información valiosa para los encargados de tomar decisiones. Para que un barrio tenga un buen nivel de accesibilidad debe tener una adecuada cobertura espacial de las actividades y estas, a su vez, deben estar perfectamente articuladas formando una red que permita el tránsito peatonal seguro y eficaz.

La red peatonal puede considerarse dentro de las diversas redes que conforman la ciudad como una de las más importantes puesto que “la escala peatonal o interpersonal es donde se registran la mayor cantidad de interacciones” (Philibert Petit, 2006: 171). Espacialmente es la más cercana al ser humano y es a partir de la cual se conecta a otras redes de mayor escala como la red ciclista, de transporte público, de espacio público, entre otras, puesto que todos somos peatones. Por tal razón, el IAPEB busca evaluar las características físicas de la red peatonal que incentivan al ser humano a usarlas, evaluando que esta sea segura, cómoda y legible.

## Conformación del Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala de barrio (IAPEB)

El IAPEB evalúa únicamente el potencial peatonal en términos de cobertura de actividades, por eso, es indispensable analizar la calidad de la red peatonal que permite o no acceder a dichas actividades, es decir, que el IAPEB permite determinar en qué zonas se ve interrumpida la red y cuáles son las secciones más vulnerables. En el entendido de que “la red vial define la forma de la ciudad, una ciudad vive y trabaja de acuerdo a su red vial pero ésta tendrá vida peatonal solo si sus espacios urbanos proveen de sendas destinadas a los peatones” (Alexander, et al., 1987).

El IAPEB se compone de once variables de la red peatonal que se agrupan en dos grupos: cruces y aceras. Los indicadores de los cruces son cuatro y determinan las características físicas del cruce y su infraestructura. Mientras que los indicadores que evalúan las aceras son siete y miden las características físicas de cada sección de acera, la infraestructura y el paisaje urbano (Corporación Ciudad Accesible y Boudeguer & Squella ARQ, 2010).

En los cruces se evalúan las siguientes características:

- Facilidad de cruce. Mide la capacidad que tiene la infraestructura para permitir que los peatones se desplacen entre extremos de un tramo de acera de forma sencilla y segura.
- Señalización e infraestructura peatonal. Se evalúa la legibilidad del cruce en la esquina mediante la señalización e

infraestructura peatonal, como los pasos de cebra, los semáforos peatonales, entre otros.

- Dispositivos de control del tránsito. Mide la capacidad que tiene el material del pavimento en las vialidades para reducir la velocidad de los automóviles en los cruces peatonales.
- Tipo de sección de vialidad. Mide la capacidad del peatón para cruzar de un lado a otro de la vialidad según las características de esta. Una vialidad terciaria o local tiene un tipo de sección más favorable para el peatón que una arteria regional.

Para la evaluación de las aceras se clasificaron los indicadores en tres grupos principales:

- La estructura de la red peatonal compuesta por los siguientes indicadores:
  - Ancho de la acera
  - Obstáculos verticales
  - Obstáculos horizontales
- La infraestructura de la red peatonal compuesta por los siguientes indicadores:
  - Alumbrado público
  - Arbolado
  - Mobiliario urbano

La percepción y el confort de la red peatonal compuesta por del siguiente indicador:

Estado de la fachada

Para la ponderación del índice se les dio mayor peso a aquellos indicadores que representaban características esenciales para el funcionamiento adecuado de la red peatonal, como el ancho de la acera y la facilidad de cruce, y se le otorgaron puntos extras a aquellas zonas que además, contaban con mobiliario urbano como paraderos de transporte público y estacionamientos para bicicletas.

Los valores utilizados para la ponderación del IAPEB se pueden ver en la tabla de la siguiente página:

Las variables que conforman el IAPEB permiten evaluar de manera sencilla y eficiente los elementos más importantes para el correcto funcionamiento de la red peatonal, de esa manera, no se tiene que realizar un estudio exhaustivo de cada elemento de la red y se optimizan tiempos y recursos, puesto que esta información rara vez se encuentra disponible y se debe generar en campo.

Para agilizar la recopilación de la información se realizó un manual que contiene una ficha descriptiva por cada indicador a evaluar, con la intención de que cualquier persona tenga la posibilidad de realizar un levantamiento de su barrio y de evaluar las características de la red peatonal de forma simple y estandarizada.

Las fichas muestran el procedimiento de levantamiento, así como las características de los indicadores y los criterios de evaluación. Dichos criterios de niveles óptimos se fundamenta-

IAPEB EN CRUCE				
GRUPO	CLAVE	INDICADOR	PORCENTAJE	VALOR
CRUCE	CTFA	FACILIDAD DE CRUCE	40,00%	0,4
CRUCE	CTTS	TIPO DE SECCIÓN VIAL DEL CRUCE	20,00%	0,2
CRUCE	CTSI	SEÑALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA PEATONAL	20,00%	0,2
CRUCE	CTDC	DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO	20,00%	0,2
			100,00%	1
IAPEB EN ACERA				
GRUPO	CLAVE	INDICADOR	PORCENTAJE	VALOR
BANQUETA	RBAB	ANCHO DE ACERA	35,00%	0,35
BANQUETA	RBOV	OBSTÁCULOS VERTICALES	15,00%	0,15
BANQUETA	RBOH	OBSTÁCULOS HORIZONTALES	15,00%	0,15
BANQUETA	IBAE	ALUMBRADO ELÉCTRICO	10,00%	0,1
BANQUETA	IBARc	ARBOLADO	10,00%	0,1
BANQUETA	PCPV	ESTADO DE LA FACHADA	15,00%	0,15
BANQUETA	IBMU	MOBILIARIO URBANO	+10%	+0.10
			110%	1,1

Tabla 2. Tabla de variables IAPEB. Fuente: elaboración propia.

ron en los lineamientos en materia de equipamiento, infraestructura y vinculación del entorno establecidos en el artículo 73 de la Ley de vivienda de la Secretaría de Desarrollo Social de México (SEDESOL, 2010), con el objetivo de estandarizar los parámetros de acuerdo con las condiciones de las ciudades mexicanas.

Todos los datos obtenidos se ingresaron en una base de datos georeferenciada dentro del SIG para poder analizar y observar de forma gráfica los resultados. La información se cargó a tramos que representaban los cruces y las aceras para conformar la red peatonal.

Para la interpretación de los resultados se utiliza, al igual que para el IAPEU, una calificación de 0 a 100 que determina la calidad de la red en cada tramo. Finalmente, se sobreponen los resultados del IAPEB con el IAPEU para determinar las zonas con una problemática más acentuada y que, por lo tanto, necesitan intervenciones prioritarias.

En el barrio tradicional de San Sebastián se encontraron grandes contrastes puesto que la zona poniente resultó peor evaluada que la zona oriente. Cabe destacar que la zona poniente ha sido regenerada recientemente mientras que la zona oriente ha permanecido intacta durante los últimos años. Se detectó una calle principal que conecta todo el barrio de oriente a poniente, sin embargo, algunas secciones de las aceras se encuentran segmentadas y ciertos cruces carecen de infraestructura y señalización, haciendo necesario el diseño e implementación de un proyecto de regeneración de aceras y cruces peatonales pues representa un riesgo para los transeúntes.

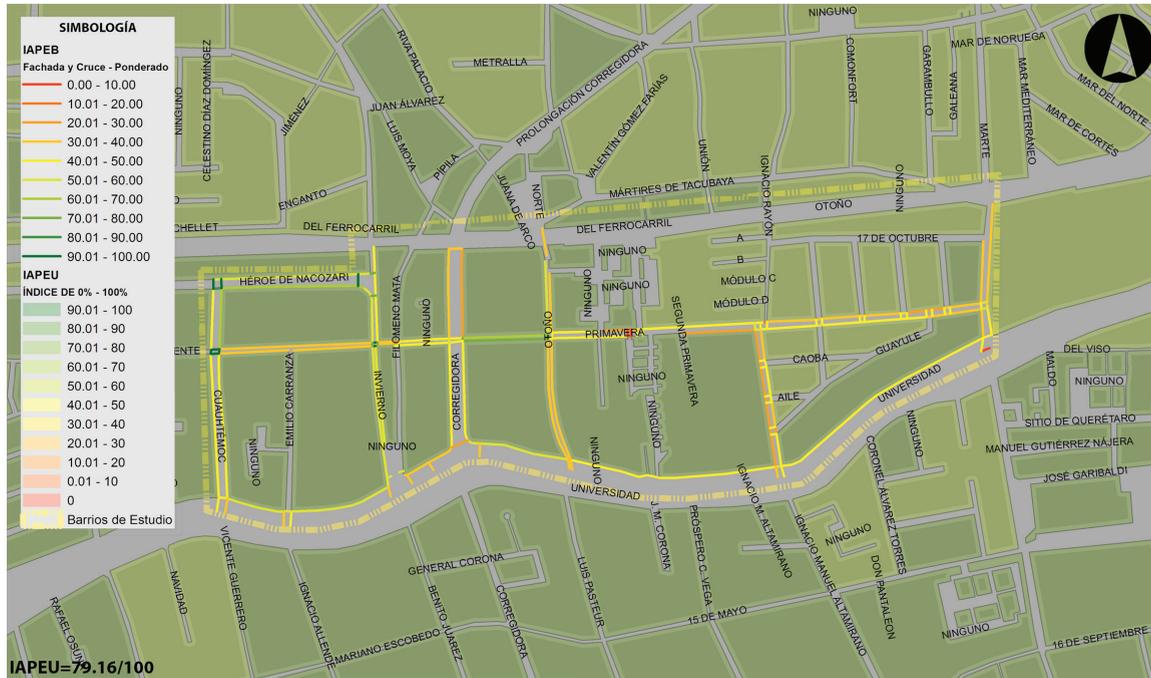
La Colonia Arboledas, por su parte, resultó mal evaluada tanto en la escala urbana como en la escala barrial. En la escala

urbana, la parte norte es la menos favorecida derivado del perímetro tan grande de las manzanas lo que reduce la permeabilidad, así como de las pendientes pronunciadas que existen al encontrarse en una colina. La red de aceras desaparece por completo en algunas zonas, pues se encuentra privatizada por los frentes de las casas que las convierten en cocheras o jardinerías, obligando a los peatones a transitar sobre el arroyo vehicular. Un proyecto de regeneración de la red peatonal en esta área debería considerar un trabajo en conjunto con los habitantes de la colonia para concientizarlos sobre la importancia de no obstaculizar la infraestructura peatonal, de lo contrario, proyectos de rehabilitación o ensanche de aceras serían insuficientes o incluso contraproducentes.

Las variantes de contraste entre ambos indicadores pueden dar pie a conclusiones muy interesantes. Se observó, por ejemplo, que en algunos casos la evaluación del IAPEU es alta mientras que la evaluación del IAPEB es baja, esto significa que la zona tiene una buena disponibilidad de servicios, equipamiento e infraestructura de escala local por lo que cuenta con un potencial elevado de tránsito peatonal, sin embargo, la calidad de la red peatonal es deficiente, de manera que es indispensable que los proyectos de regeneración se realicen sobre la red peatonal para aprovechar las actividades existentes e impulsar patrones de movilidad no motorizada y movilidad peatonal.

En conclusión, las evaluaciones deben llevarse a cabo a distintas escalas y comparar los resultados para, a partir de ellos, definir prioridades y establecer proyectos de intervención y, una vez concluidos los proyectos de intervención, volver a correr el Modelo para verificar su impacto y calcular los beneficios reales de una posible inversión.

**84** **ÍNDICE DE ACCESIBILIDAD PEATONAL A ESCALA URBANA Y DE BARRIO [ IAPEU ] Y [ IAPEB ]**  
 IAPEU e IAPEB EN FACHADA Y CRUCE PONDERADO



**CASO 1: BARRIO DE SAN SEBASTIAN, SANTIAGO DE QUERÉTARO**



**CASO 2: COLONIA ARBOLEDAS, SANTIAGO DE QUERÉTARO**



ÍNDICE DE ACCESIBILIDAD PEATONAL A ESCALA DE BARRIO

**Figura 3.** Mapa del Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala de Barrio (IAPEB) para dos casos de estudio de la ciudad de Santiago de Querétaro. Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

El MAP arrojó información valiosa para la planeación, ordenamiento y gestión territorial en términos de accesibilidad tanto a escala urbana como a escala barrial. El potencial de este Modelo es alto gracias a que es una herramienta relativamente sencilla en su aplicación, según las condiciones de cada contexto y la información disponible.

Una de las principales cualidades del MAP es precisamente su posible aplicación en diversos entornos urbanos, permitiendo medir las características de accesibilidad no sólo en México, sino en cualquier parte del mundo. Como parte del desarrollo futuro de la investigación se considera su adecuación para su aplicación en otros países de América Latina, definiendo los insumos que alimentan el Modelo según la información disponible, así como las ponderaciones de acuerdo a los patrones de comportamiento específicos de cada zona, cuidando siempre que los resultados sean equivalentes y puedan ser comparables con otros casos de estudio.

Dado que los resultados obtenidos a partir de la aplicación de este Modelo son de interés común y pueden motivar el involucramiento de una población en los procesos de mejora barrial, también se tiene planteada la creación de una plataforma virtual de participación comunitaria en donde las personas puedan medir la accesibilidad peatonal de su barrio o su calle con

base en un cuestionario dinámico. La automatización de los resultados facilitaría su consulta por parte de cualquier ciudadano interesado en promover la regeneración del espacio que habita.

### Posibilidades de aplicación del MAP

Son diversas las posibles aplicaciones que se le puede dar al proyecto debido, en parte, a que la accesibilidad peatonal tiene implicaciones en lo económico, lo social y lo ambiental. A continuación se enumeran algunas de las posibles líneas de investigación y desarrollo.

La información generada a partir de la aplicación del Modelo puede servir para diseñar y gestionar proyectos públicos de intervención y regeneración urbana basados en la accesibilidad peatonal involucrando a la ciudadanía en el diagnóstico focalizado. Por lo tanto, la aprobación o priorización para la implementación de proyecto urbano puede estar supeditada al impacto positivo que este tenga sobre la accesibilidad peatonal y la movilidad no motorizada.

Es posible reestructurar los valores catastrales de una ciudad a partir del nivel de accesibilidad peatonal a equipamientos, servicios e infraestructura para que el gobierno aproveche mejor los impuestos generados a partir del valor del suelo y los excedentes puedan ser reinvertidos en zonas con baja accesibilidad peatonal, impulsando proyectos de regeneración de forma gradual bajo un enfoque de equidad. 16

## Referencias Bibliográfica

ALEXANDER, C., NEIS, H., ANNINOU, A. Y KING, I. (1987). *A New Theory of Urban Design*, New York: Oxford University Press.

CARMONA, M. (2003). "Large Urban Projects and Sustainability of Urban Areas". En: Carmona, M., Tunas, D. y Schoonraad M. (eds.), *Globalization and the Return of the Big Plans*. Delft: Delft University Press, pp. 47-52.

CASTELLS, M. (1998). *The end of millennium. The information age, economy, society and culture*. Vol. III. Oxford: Blackwell Publishing.

CORPORACIÓN CIUDAD ACCESIBLE Y BOUDEGUER & SQUELLA ARQ. (2010). *Manual de accesibilidad universal*. Santiago de Chile: Mutual de Seguridad CChC.

JACOBS, J. (1961). *Death and Life of Great American Cities*. New York: Vintage Books.

PHILIBERT PETIT, E. (2006). *Connectivity-oriented urban projects*. Delft: Technische Universiteit Delft.

SALINGAROS, N. A. (2007). "Teoría de la red urbana". *Cuadernos de Arquitectura y Nuevo Urbanismo. Redes, una aproximación al fenómeno urbano*, 3, 5-17.

SEDESOL. (2010). *Lineamientos de desarrollo urbano del artículo 73 de la ley federal de vivienda*. México: Secretaría de Desarrollo Social.