

Planificación de rutas turísticas para autobús a través de indicadores de accesibilidad integral y de dotación de bienes materiales e inmateriales



Saúl Antonio Obregón Biosca

Laboratorio de Estudios Viales y Movilidad, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, México

Jorge Arturo Sánchez Escobedo

Laboratorio de Estudios Viales y Movilidad, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, México

María de Lourdes Somohano Martínez

Facultad de Filosofía, Universidad Autónoma de Querétaro, México

Recibido: 4 de junio de 2015. Aceptado: 1 de octubre de 2015.

Resumen

Las rutas son elementos a los que se recurre para apoyar el turismo, por ello, el presente artículo propone una metodología para la determinación de rutas óptimas para autobuses basado en la propuesta del *indicador de evaluación de rutas turísticas de entorno accesible* (IERTEA) y un algoritmo para determinar la ruta óptima en base al tiempo de viaje y las pendientes de las vialidades. Para la estimación del IERTEA se hace uso del *proceso de jerarquía analítica*, mientras que para la ruta óptima se emplea el algoritmo de Dijkstra. La metodología se aplica en la Sierra Gorda Queretana (México). Los resultados muestran su funcionalidad en la planificación de rutas turísticas, lo cual puede auxiliar a los planificadores y tomadores de decisiones en el ámbito del turismo rural.

Palabras clave

Rutas
Autobús
Turismo rural
Accesibilidad
Proceso de jerarquía analítica

Palavras-chave

Rota
Ônibus
Turismo rural
Acessibilidade
Processo de hierarquia analítica

Abstract

Planning tourist bus routes through accessibility and goods indicators. Tourist routes are elements to support the tourism. This paper proposes a methodology to determine optimal routes for tourist buses based on the Assessment Index of Tourist Routes of Accessible Environment (IERTEA) and an algorithm to determine the optimal route based on travel time and the road slope. To estimate the IERTEA we employ the Analytic Hierarchy Process, while to obtain the optimal route the Dijkstra's algorithm

Key words

Route
Bus
Rural tourism
Accessibility
Analytic hierarchy process

is used. The methodology is applied in the Queretaro Sierra Gorda (Mexico). The results show its functionality to planning tourist routes, which can assist planners and decision makers in the rural tourism scope.

Introducción

Borrega (2009) expone que el turismo incorpora bienes patrimoniales como parte de la oferta turística. El inventario de los bienes que conforman la oferta en ámbitos rurales y urbanos es amplio y está integrado por los bienes materiales (obras del hombre y la naturaleza, como museos, iglesias, productos artesanales y la red de carreteras con sus bienes asociados) y los inmateriales (danza folclórica, música, tradiciones orales, usos sociales, rituales, actos festivos, conocimientos y prácticas relativos a la naturaleza y el universo, y saberes y técnicas vinculados a la artesanía tradicional), de los cuales la mayoría pueden ser fundamentales para el turista al momento de decidir una estancia (Porcal, 2011). La Carta de Itinerarios Culturales del ICOMOS (2008) señala que existen diferencias entre un itinerario cultural y una ruta turística, pues el primero es un camino (vía de comunicación) proyectado para una cierta finalidad con dinámica y funcionalidad histórica, mientras la segunda implica el desplazamiento en el espacio turístico.

La presente investigación tiene como objetivo proponer una metodología para la determinación de rutas óptimas para autobuses basada en la propuesta del *indicador de evaluación de rutas turísticas de entorno accesible* (IERTEA). Se trata de un algoritmo capaz de determinar la ruta óptima sobre la base del tiempo de viaje y considerando las pendientes de los caminos. El IERTEA se basa en el indicador propuesto por González-Ávila (2011) con la diferencia de que en el IERTEA el peso de cada recurso está sustentado mediante el proceso de jerarquía analítica desarrollado por Saaty (1980), además de incluir variables relacionadas con la accesibilidad integral. La accesibilidad integral enfocada en el turismo se define en Jurado (2014:130) como:

no sólo a la eliminación de alguna barrera arquitectónica en un centro de alojamiento y/o de restauración, sino a todo un proceso amplio y variado desde que un turista, con o sin discapacidad, opta por hacer turismo, elige un territorio, un alojamiento, lugares de interés para visitar, recrearse y comer y, después, hacer el viaje de vuelta.

La determinación de la ruta óptima para autobuses turísticos considera el valor del IERTEA para determinar la factibilidad de detenerse en una comunidad y las pendientes de las vialidades, partiendo del algoritmo propuesto por Dijkstra (1959). Se parte de la hipótesis de que el atractivo turístico responde directamente a la dotación de bienes, equipamiento, servicios y accesibilidad de una localidad rural, con la finalidad de validar el IERTEA.

Marco teórico

En el presente apartado se realiza la importancia de las rutas turísticas, se presenta una discusión sobre el concepto de accesibilidad, se expone el indicador propuesto por González-Ávila (2011) y con ello se definen las herramientas empleadas para cumplir con el objetivo, como lo es el proceso de jerarquía analítica (seleccionado a partir de sus fortalezas), la teoría de grafos y el algoritmo de Dijkstra.

Rutas y turismo

Las rutas son los elementos a los que se recurre para apoyar al turismo, poniendo en valor a la gastronomía, productos derivados de la tierra realizados por los pobladores y artesanías de la zona. Constituyen también uno de los elementos turísticos con mayores

repercusiones socioantropológicas, pues con el establecimiento de las rutas, existe una nueva forma de percibir el territorio (Nogués, 2006). Con las rutas turísticas se pretende impulsar la colocación en el mercado de un área geográfica considerando su particular oferta turística. Por las rutas circulan las actividades que se quieran realizar, considerando los diferentes bienes que tengan importancia para la comunidad y cuya divulgación sea conveniente, con el fin de incrementar el número de visitantes dentro de ese nuevo destino turístico, utilizando dos dinámicas: la primera es la reflexión sobre el medio ambiente y las culturas, donde importa más el conocimiento de bienes naturales y patrimoniales; y la segunda es la expansión del patrimonio, por medio de nuevas categorías para el aumento de visitantes, como el paisajismo (Hernández, 2011).

Según lo plantean Reyes y Barrado (2005:29): “el turista actual es un consumidor activo, autónomo y perfectamente diferenciado, lo que implica la necesidad de construir productos a medida para públicos cada vez más segmentados”. Para el caso de las zonas rurales, también se ha ido modificando la forma de percibir al turismo, en este sentido, Ascanio (2004) menciona que en el caso del turismo interior se pueden planificar programas integrales que fortalezcan las actividades propias y culturales de esos espacios geográficos, de tal forma que sea privilegiada la comunidad rural, al igual que su hábitat. Una de las consideraciones de estos programas es la de llevar a cabo rutas culturales que le permitan al turista conocer los atractivos que la región ofrece, de una forma segura, planeada y accesible, incluyendo a las personas con alguna discapacidad para que puedan ser parte de las actividades sociales y económicas del entorno concebido.

Pérez-Pérez (2010) plantea que el turismo rural presenta múltiples modalidades dependiendo del territorio y de la oferta, como son el agroturismo, ecoturismo, turismo cultural, turismo de aventura, turismo deportivo, turismo científico, turismo educativo, turismo de salud, turismo gastronómico y turismo comunitario, el cual valora el trabajo realizado por los habitantes de una región, sin perder su identidad cultural. En el turismo rural se han desarrollado los conceptos de rutas gastronómicas, las cuales están basadas en el disfrute de distintos alimentos, y rutas culturales, encontrando varios casos exitosos del turismo de rutas en Francia, España e Italia, con las del vino, del queso y de aceite de oliva respectivamente (Barrera, 1999). De acuerdo con Román y Ciccolella (2009:14): “el turismo rural considera la cultura local como el componente clave de un producto ofrecido”. Se les ofrece a los visitantes el contacto con los bienes dentro del territorio para que puedan disfrutar de estos y de su cultura.

El concepto de accesibilidad

Para el análisis del transporte local o regional es imprescindible comprender el concepto de accesibilidad. Por un lado, los sistemas de transporte impactan en nuestra calidad de vida; por el otro, la accesibilidad es una parte integral de la planificación y la evaluación del transporte. La accesibilidad se ha analizado desde hace tiempo a partir de varias perspectivas tanto en lo referente a su definición como en las herramientas de medición, enfocándose principalmente en lo que se refiere a la oportunidad que posee una persona en un punto determinado para participar en una determinada actividad o conjunto de actividades (Piyushimita, 2001).

El diccionario de la Real Academia de la lengua Española (RAE) define la accesibilidad como una cualidad de accesible, es decir, que tiene acceso, mediante la acción de llegar o acercarse. El concepto europeo de accesibilidad (CEAPAT, 1996:7) la define como:

una característica básica del entorno construido. Condición que posibilita llegar, entrar, sentir y utilizar las casas, tiendas, teatros, parques y lugares de trabajo. La accesibilidad permite a las personas participar en las actividades sociales y económicas para las que se ha concebido el entorno construido.

Por lo anterior, su ausencia posibilitará la discriminación, en el sentido de marginación y disminución del bienestar o calidad de vida de personas con alguna discapacidad (Domínguez et al; 2011). Con respecto al término de turismo accesible, en Jurado (2014:122 y 130) se hace referencia “a la cuestión de la accesibilidad a través de la supresión de barreras urbanísticas y arquitectónicas así como a la integración social a través del turismo de las personas con algún tipo de discapacidad”. Lo anterior lo explica bajo el objetivo de:

extender el turismo y la accesibilidad para toda la sociedad, todas las edades, en personas con o sin discapacidad, en todo tipo de contextos vitales (medios de transportes, espacios públicos, áreas residenciales y equipamientos públicos y privados) y que las posibilidades de ocio y turismo lleguen también a grupos sociales menos favorecidos.

Existe otro enfoque que considera la influencia de la separación (temporal o espacial), que requiere un tratamiento adicional, como es el de ser una medida de facilidad de acceso. Bajo dicho enfoque, Harris (2001) expone el acceso simétrico: “si A tiene acceso a B, entonces B tiene acceso a A”. Sin embargo, también menciona que su medición puede ser asimétrica en el espacio, definiendo la inaccesibilidad, o lo opuesto a la facilidad de acceso. Fernández (2000) la sintetiza como el uso y disfrute por todo el mundo, y no solo por un segmento determinado.

La accesibilidad integral puede ser evaluada como una media móvil ponderada de acceso a los objetivos u *oportunidades* mediante la distancia, tiempo o costo. Una de las primeras formulaciones fue propuesta por Hansen (1959) para determinar la accesibilidad de una determinada subárea *i*, a otras subáreas *j*, cada una con una subpoblación *W_{kj}*. Además de lo mencionado, recientemente han surgido diferentes conceptos de la accesibilidad, por ejemplo, el (concepto) de entorno accesible y que Buhalis et al. (2005) definen como el diseñado de tal manera que puede ser empleado con seguridad y eficacia por un gran número de individuos, sea que tengan alguna discapacidad o no. A la vez existe el término de diseño universal, el cual Connell et al. (1997) definen como un diseño universal apto para el mayor número de individuos sin tener la necesidad de realizar adaptaciones específicas. Domínguez et al. (2011) enlistan los principios de Connell et al. (1997) los cuales son: flexibilidad de uso; uso simple e intuitivo; información perceptible; tolerancia para el error o mal uso; poco esfuerzo físico requerido; y tamaño y espacio para acercamiento, manipulación y uso.

Bajo los tres enfoques expuestos, podemos observar ciertas diferencias. Por un lado, el diseño universal se centra en la disposición universal para todas las personas, sin excepción. Por el otro, la accesibilidad integral que va más allá de la eliminación de obstáculos en el entorno físico, englobando un proceso que permita la integración social de un turista con o sin discapacidad.

Domínguez et al. (2011) exponen que una de las dificultades que se presenta al considerar el turismo para personas con alguna discapacidad es la multiplicidad de terminologías que existen y que transmiten una idea similar, al citar a Heumann (1993:252) y quien expresa: “Esos eufemismos tienen el efecto de despolitizar nuestra propia terminología y la devaluación de la propia visión de nosotros mismos como personas con discapacidad”. Así existen términos como: turismo accesible (Jurado 2014 y Pérez y González, 2003); turismo para todos (Fernández, 2007); turismo para todos accesible (Leidner, 2006); turismo social (Fernández, 2007) y turismo de calidad (Salgado, 2007).

A partir de los conceptos expuestos, se comprueba lo mencionado por Domínguez et al. (2011), en cuanto a las múltiples terminologías existentes, y se propone el término de turismo de entorno accesible, para los fines del presente trabajo. Dicho concepto

considera el acceso con seguridad y eficacia por parte de cualquier individuo y a cualquier parte, desde el punto de hospedaje o partida hasta la misma atracción turística. Lo anterior incluye, infraestructura, medio de transporte y punto turístico. Dichas variables pueden ser representadas empleando la teoría de grafos, la cual se detallará dentro de los próximos apartados.

Indicadores de rutas turísticas

Uno de los objetivos de esta investigación es relacionar de manera directa la cantidad de recursos (naturales, culturales, servicios y humanos) con la accesibilidad integral y la atracción turística que ejercen para las comunidades en estudio a través de la realización de un indicador. Se pueden obtener diferentes indicadores dependiendo de los objetivos que se quieran enmarcar y se analiza la literatura existente para determinar los aspectos comunes. Para Blancas et al. (2010), la definición de indicadores y su elaboración están determinados por los objetivos de tales indicadores, concluyendo que no existe un solo procedimiento para calcularlos.

González-Ávila (2011) evalúa el potencial de las rutas agro-culturales en los municipios de Zacatecas (México) con el fin de desarrollar turismo por estas rutas sobre la base de los recursos gastronómicos y agroalimentarios que hay en dicha región. Dentro de los recursos están la gastronomía y artesanías, los recursos humanos (infraestructura educativa para el turismo) y la capacitación, servicios y equipamiento (vías de comunicación, hoteles, restaurantes, entre otros), atractivos turísticos (museos, zonas arqueológicas y paisajes), recursos naturales, agropecuarios y bienes inmateriales (tradiciones, lengua, fiestas, mitos, entre otros). Se asignan valores de importancia a los recursos antes mencionados, los cuales son: 20 puntos a la gastronomía, 30 puntos a los culturales y 10 puntos a los recursos agropecuarios, recursos humanos, servicios, equipamiento e infraestructura. Los datos obtenidos se normalizan para ser incluidos en la siguiente expresión:

$$IERAC = \frac{1}{TR} \sum_{x=1}^{TR} (R_x * W_x)$$

Donde:

- $IERAC$ = Índice de evaluación de ruta agro-cultural
- R_x = recursos a evaluar ($x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots, m$)
- W_x = porcentaje de importancia del recurso ($x = 1, 2, 3, 4, \dots, m$)
- TR = total de los recursos evaluados ($R_x = 1, 2, 3, \dots, m$).

Finalmente, al analizar los datos obtenidos se discuten por ruta y municipio para conocer sus fortalezas y debilidades en vistas a su desarrollo, concluyendo en la importancia de dicho turismo para la zona. El punto débil del indicador propuesto en García-Ávila (2011) es la asignación de pesos de importancia a los recursos. Por lo anterior, en el siguiente apartado se exponen metodologías que auxilian en la determinación de valores de importancia en problemas que consideran dos o más criterios.

Modelos multicriterio para la toma de decisiones

Los problemas para la toma de decisiones tienen que ver con dos o más criterios, los cuales están en conflicto o duda de elección entre sí, en el momento en que el decisor necesita tomar la mejor alternativa. Esa situación establece un conflicto en la o las personas que deseen tomar una decisión (Roche y Vejo, 2005). Mediante una revisión de la

literatura, Oswald y McNeil (2010) analizaron tres modelos para la toma de decisiones que tienen sistemas de interacción de datos sencillos y que ayudarían a desarrollar de forma sistemática un indicador. Estos modelos seleccionados están considerados dentro de los análisis multicriterio para la toma de decisiones, los cuales son: el método *scoring*, el proceso de jerarquía analítica y la teoría de la utilidad multiatributo. A partir del Cuadro 1, que muestra un concentrado de las fortalezas y debilidades de los tres métodos mencionados, se llega a la decisión de optar por el proceso de jerarquía analítica (PJA) para cumplir con el objetivo de la presente investigación.

Cuadro 1. Fortalezas y debilidades de los modelos multicriterio para la toma de decisiones. Fuente: Elaboración propia a partir de Saaty (1982), Sánchez (2003), Keeney y Raiffa (1976) y Zietsman et al. (2006).

Método	Fortalezas	Debilidades
Método <i>scoring</i>	Es simple. Obtención de resultados de forma rápida. Se tiene una ecuación sencilla y fácil de usar.	No cuenta con un parámetro estadístico que regule las evaluaciones. El valor dado a cada alternativa presentada es relativo.
Proceso de jerarquía analítica	Instrumento formal para la evaluación. Selección de alternativas. Sólido en fundamentos matemáticos (en especial por la razón de inconsistencia). Sencillo y de uso rápido con la ayuda de <i>software</i> .	Lentitud en el proceso de obtención de resultados si se carece de un <i>software</i> de aplicación.
Teoría de la utilidad multiatributo	Apoya de forma estructurada a la toma de decisiones en problemas de gran complejidad. Trabaja con factores de tiempo. Tiene aplicaciones en situaciones de planeación.	Tiene una estructura muy compleja. Hay que cumplir con requisitos de conocer los posibles escenarios de respuesta.

El PJA fue desarrollado por Saaty (1980) con el objetivo de determinar la importancia relativa de un conjunto de alternativas en un problema de decisión multicriterio. El PJA está clasificado como un enfoque de toma de decisiones multicriterio, en el que “ciertos factores de juicio están dispuestos en una estructura jerárquica” (Saaty, 1990). Según este enfoque, se utilizan factores de juicio para evaluar conjuntos de alternativas, que se clasifican con la ayuda de matrices de juicio diseñadas por los analistas para la toma de decisiones (Sun, 2003). Hay tres pasos principales en el PJA: el diseño de la jerarquía, el procedimiento de priorización, y el cálculo de los resultados.

La teoría de grafos y el algoritmo de Dijkstra (1959)

Un grafo es un conjunto de puntos unidos entre sí por uno o más segmentos; estos segmentos representan un proceso o una función. Cardozo et al. (2009) mencionan que la *teoría de los grafos* permite asociar las redes de transporte en nodos y arcos, representando los nodos a ciudades, comunidades, paradas, estaciones o lugares de referencia y los arcos a carreteras, caminos, senderos, entre otros. Su aplicación se basa en el estudio de las redes para conocer el tipo de estructura y desarrollo que se obtiene a partir de la conectividad y la accesibilidad. Restrepo y Sánchez (2004) definen al algoritmo de Dijkstra como aquel algoritmo que sirve para encontrar la distancia más corta entre un nodo de origen y un nodo cualquiera. Se tiene que asegurar la existencia de una distancia entre cada nodo dentro de un grafo, siendo esta la distancia del arco. La distancia será 0 para el recorrido de un nodo hacia sí mismo, e infinita si la distancia entre los nodos no se encuentra conectada por dicho arco. Este algoritmo asigna etiquetas a cada nodo, siendo esta la distancia que hay desde el nodo de inicio a lo largo de la ruta más corta. La etiqueta puede ser permanente en caso de que la distancia que se encuentre sea la más corta, o temporal, si se tiene duda de que sea la ruta más corta de todas. El algoritmo sigue los siguientes pasos:

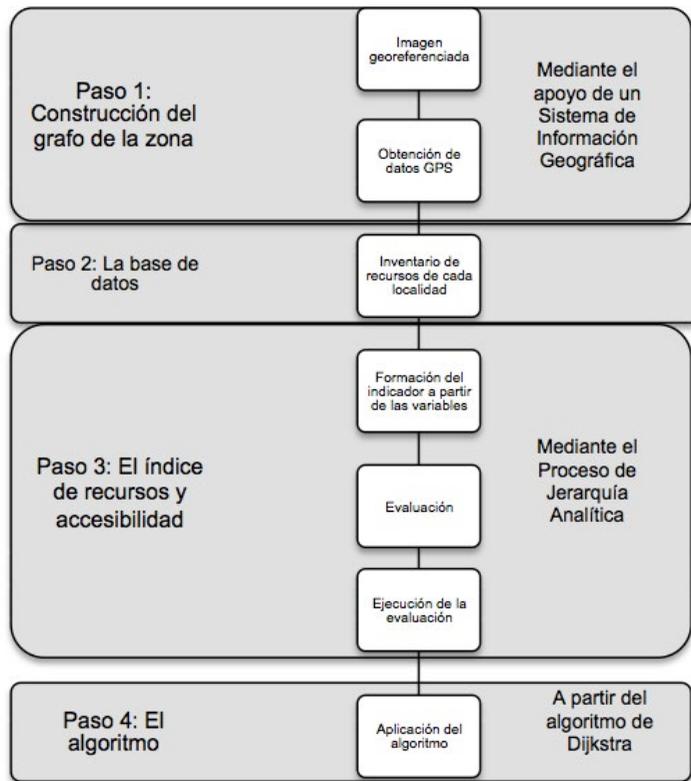


Figura 1. Pasos para la planificación de rutas turísticas para autobuses. Fuente: Elaboración propia.

- » Se asigna un etiqueta temporal $l(i)=\text{infinito}$ a los nodos i diferentes de s (nodo de arranque).
- » Se hace $p = s$ ($p =$ nodo al que se le ha asignado una etiqueta permanente).
- » Para cada nodo i con etiqueta temporal se redefine $l(i)$, para que sea el más pequeño entre $l(i)$ y $l(p) + d(p,i)$ donde $d(p,i)$ es la distancia entre el nodo con etiqueta permanente y el nodo con la etiqueta temporal, unidos por un arco.
- » Se localiza el nodo i con la etiqueta temporal más corta y se transforma en nodo con etiqueta permanente $l(p)$.
- » Si el nodo t tiene una etiqueta temporal se repiten los dos pasos anteriores. Si el nodo t tiene una etiqueta permanente, se ha encontrado la distancia más corta de s a t .

Metodología

Para desarrollar la propuesta de rutas turísticas para autobuses en zonas de turismo rural, se considera la teoría de grafos (para la representación de la red), el *índice de recursos y accesibilidad* y, conjugando ambos, se aplica el algoritmo de Dijkstra para obtener la propuesta, tal y como se expone en la Figura 1.

Paso 1: El grafo

Se procede a realizar el grafo de la red vial en un *software* que incluya un *sistema de información geográfica* y un módulo de asignación de caminos. Para nuestro caso de estudio, el grafo considera en su totalidad la zona de la Sierra Gorda Queretana y se realizó en el *software* TransCAD Ver. 6 (véase Figura 2).

Para dicha zona, empleando un vehículo instrumentado con un GPS se recorre la zona obteniendo la latitud, longitud, altitud y velocidad de punto en las vialidades de interés,

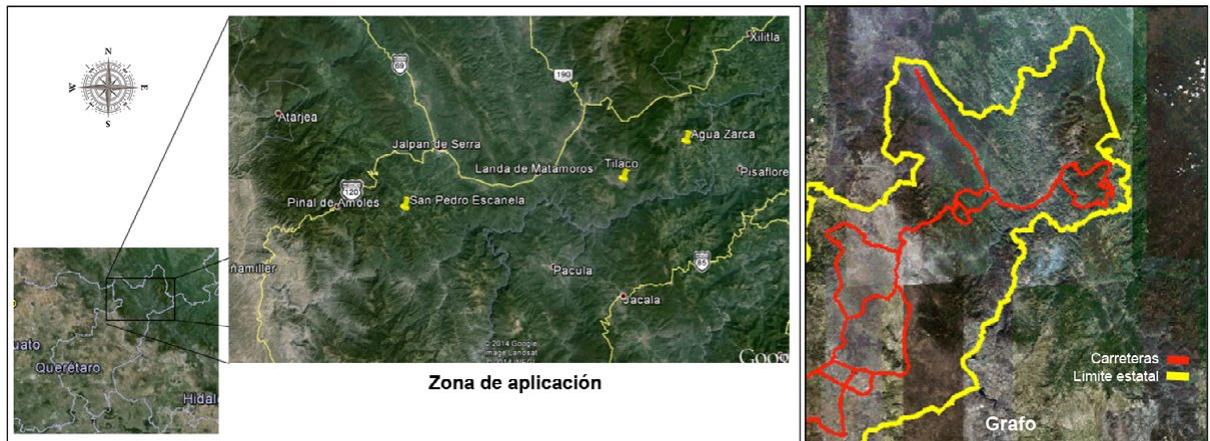


Figura 2. Localización de la zona de aplicación y grafo. Fuente: Elaboración propia basado en imágenes digitales de INEGI.

hasta llegar a cada uno de los atractivos turísticos de las diferentes localidades, para nuestro caso de estudio dichos datos se registraron cada cinco segundos.

Paso 2: La base de datos de recursos materiales e inmateriales

Se identifican los recursos que se localizan en cada una de comunidades de la zona considerando para ello la realización de un inventario *in situ* por un equipo interdisciplinario de especialistas en gastronomía, filosofía, biología, historia, antropología, negocios turísticos e ingeniería (los cuales son: Recursos Inmateriales -RI-, Gastronomía y Artesanías -GA-, Recursos Naturales -RN-, Recursos Culturales -RC-, Servicios y Equipamiento -SE- y Recursos Humanos -RH-). Se hace un inventario de cada uno de ellos, para lo cual es posible tener como guía las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2011) y del Ministerio de Medio Ambiente de España (2006). Para el caso de estudio se obtuvieron los recursos que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Número de recursos en las localidades de la Sierra Gorda Queretana (México). Fuente: Elaboración propia.

Recurso / Localidad	San Pedro Escanela	Agua Zarca	Tilaco
Recursos inmateriales	3	2	2
Gastronomía y artesanías	15	8	4
Recursos naturales	45	67	53
Recursos culturales	4	3	12
Servicios y equipamiento	3	2	15
Recursos humanos	7	5	2
Recursos totales	77	87	88

Paso 3: El Indicador de evaluación de rutas turísticas de entorno accesible (IERTEA)

Para la determinación del índice de recursos y accesibilidad integral se categorizan los bienes (materiales, inmateriales y naturales) en recursos culturales, servicios, recursos humanos, equipamiento y recursos naturales tal y como lo propone González-Ávila (2011). Empleando el proceso de jerarquía analítica (PJA) se define el *peso* de cada recurso. El decisor (experto), considerando jerarquías, elabora una matriz en la que se da mayor peso a las alternativas con mayor influencia respecto al total de recursos. El proceso sigue los siguientes pasos: i) Se estructura del modelo jerárquico, ii) se comparan y evalúan por pares los elementos de cada nivel (asignación de pesos), y iii) se realiza un análisis de consistencia.

La estructura del modelo jerárquico se muestra en el Cuadro 3, en donde el nodo Recursos contiene seis variables a comparar y evaluar. La evaluación se realiza por un grupo de expertos comparando por pares de cada uno de los recursos (variables). Para el caso de estudio se consideró un equipo interdisciplinario de siete expertos en las áreas de historia, turismo y movilidad, adscritos a la Universidad Autónoma de Querétaro (México). Para mantener un nivel de confianza, Gómez et al. (2008) sostiene que el grupo de expertos debe conformarse entre siete y 15 personas. El cálculo del peso de la accesibilidad se realiza del mismo modo que con los recursos. Para su cálculo se consideran aspectos tales como la cercanía de la localidad a la carretera principal, si existe transporte público hacia las comunidades, y sobre la existencia de infraestructura que permita la movilidad para las personas con discapacidad, obteniendo los pesos que se muestran en el Cuadro 3.

Una vez evaluados, se promedian las ponderaciones de las evaluaciones, obteniéndose los pesos de cada variable. Por último, se obtuvieron los valores de inconsistencia, los cuales fueron inferiores a 0,05 en las comparaciones por pares, mientras la razón de inconsistencia global para el indicador de recursos fue de 0,04 y de 0,02 para el de accesibilidad, validando así el proceso de ponderación para cada variable y el global, de acuerdo con el criterio de consistencia definido por Saaty (1982).

Cuadro 3. Estructura y pesos de las variables que componen el IERTEA obtenidas empleando el PJA. Fuente: Elaboración propia. Nota: la accesibilidad a los recursos naturales no es considerada para el caso de estudio, sin embargo, en caso de que el planificador considere integrarla, podría considerar el parámetro para el recurso cultural o jerarquizarlo empleando el PJA.

Variables	Peso de cada variable
Recursos	
1. Gastronomía y artesanías	0,047
2. Recursos culturales	0,147
3. Recursos inmateriales	0,29
4. Recursos naturales y agropecuarios	0,33
5. Servicios y equipamiento	0,106
6. Recursos humanos	0,08
Accesibilidad	
Cercanía a carretera principal	Hasta 1000m = 0,625 Entre 1001 y 2000m = 0,3125 Más de 2000m = 0
Cuenta con transporte público hacia y desde el núcleo regional principal	Sí = 0,119 No = 0
Cuenta con servicios de autobuses turísticos	Sí = 0,119 No = 0
Las principales vialidades presentan adecuaciones que faciliten la movilidad de personas con discapacidad motriz	Sí = 0,10275 No = 0
Los recursos culturales presentan adecuaciones para facilitar la movilidad de personas con discapacidad motriz en su interior	Sí = 0,03425 No = 0

Tomando como base la expresión propuesta por González-Ávila (2011) es posible obtener el IERTEA, dicha expresión se muestra en el primer término, al cual se le suma el término de accesibilidad, como se expone en la siguiente expresión:

$$IERTEA = \text{Indicador de evaluación de rutas turísticas de entorno accesible}$$

$$x = \text{variable de recurso } (x= 1, 2, 3, \dots, 6) \text{ (gastronomía, cultural, \dots humanos)}$$

$$R_x = \text{recursos a evaluar } (R_x = 1, 2, 3, \dots, n_x)$$

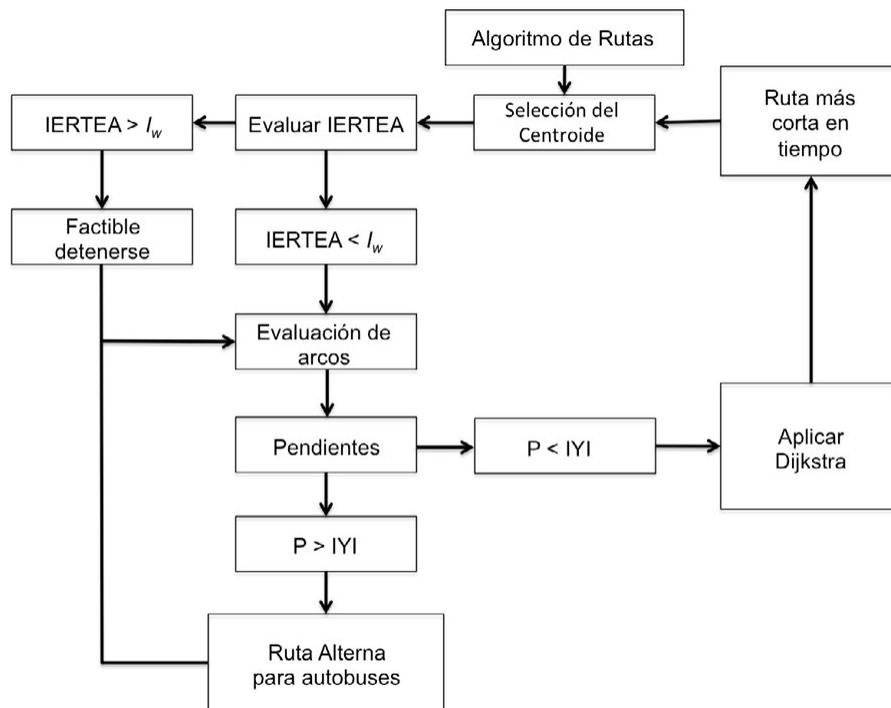


Figura 3. Diagrama de funcionamiento del algoritmo. Fuente: Elaboración propia.

W_x = porcentaje de importancia del recurso x ($x = 1, 2, 3, \dots, 6$)
 TR = total de los recursos evaluados
 A_i = variable de accesibilidad ($A_i = 1, 2, 3, \dots, 5$)

Paso 4: El algoritmo

Se propone un algoritmo en el cual interviene el IERTEA, las pendientes de cada arco (obtenidas con el GPS) y el algoritmo de Dijkstra (basado en el tiempo de viaje). Este algoritmo se plantea especialmente para la planeación de una ruta a través de autobuses turísticos. En la Figura 3 se muestra el esquema de funcionamiento que sigue el algoritmo.

Considerando el valor del IERTEA (I) en una determinada zona (es decir, con determinados bienes materiales, inmateriales y naturales, el planificador puede establecer un peso $-I_w$ para determinar si es factible que el autobús se detenga o continúe su camino); las pendientes de cada arco (P) para observar si es factible el tránsito de un autobús (es decir, en caso de que no, generar una ruta alterna) y el algoritmo de Dijkstra (considerando como vértices las zonas de interés con un peso de $I > I_w$, y como arcos factibles de tránsito aquellos con $P \leq |Y|$), para determinar la ruta más corta en base al tiempo de viaje en el vehículo. Así, la propuesta de rutas estará en función del tiempo de viaje (t_v), las pendientes de cada arco y el IERTEA, es decir, propuesta de rutas: $f(t_v; I; P)$.

Para determinar en qué localidades realizará paradas el autobús, se considera el peso del IERTEA sobre la base del procedimiento que se muestra en el Cuadro 4, en el cual el nodo X_i es una zona con determinados bienes materiales, inmateriales y naturales, que refleja un valor I_i al aplicar el IERTEA, así el planificador establece un valor mínimo del IERTEA el cual será I_w que determinará, si se detiene o no un autobús turístico.

Cuadro 4. Determinación de localidades de interés turístico. Fuente: Elaboración propia.

Nodo	IERTEA	Condición
X_1	I_1	$SI(I_1 \geq I_w, \text{parar, seguir})$
X_2	I_2	$SI(I_2 \geq I_w, \text{parar, seguir})$
X_3	I_3	$SI(I_3 \geq I_w, \text{parar, seguir})$
.	.	.
.	.	.
.	.	.
X_n	I_n	$SI(I_n \geq I_w, \text{parar, seguir})$

Una vez determinadas las localidades con una dotación de bienes mayor o igual a I_w , se procede a determinar la factibilidad del tránsito del autobús turístico hacia dichas zonas, considerando las pendientes en cada arco. Sean los nodos X_{n-1} y X_n los nodos entre arcos desde el inicio de la ruta hasta el final de la misma y P_n la pendiente de cada arco, se procede a aplicar el algoritmo que se muestra en el Cuadro 5, lo cual permitirá al planificador determinar el arco factible de tránsito que se considerará en la aplicación del algoritmo de Dijkstra, que minimizará los caminos de acuerdo con el tiempo mínimo de viaje (tal como se muestra en el Cuadro 6), entre las localidades de interés obtenidas sobre la base del indicador (es decir, $I_n \geq I_w$). Si se consideran las políticas públicas en la región, el proceso participativo donde interviene el Estado y el ente de planificación podrá definir previamente los caminos de interés, por ejemplo en razón del paisajismo (en viaje o miradores), y sobre dicha base aplicar el algoritmo para determinar su factibilidad considerando las pendientes, y posteriormente Dijkstra.

Cuadro 5. Algoritmo para determinar la factibilidad de circulación en caminos considerando la pendiente. Fuente: Elaboración propia.

Nodo	Pendientes	Condición
X_1-X_2	P_1	$SI(O(P_1 < -Y, P_2 < -Y, P_3 < -Y, \dots, P_n < -Y, P_1 > Y, P_2 > Y, P_3 > Y, \dots, P_n > Y), \text{"Vía Alternativa", "Continuar Ruta"})$
	P_2	
	P_3	
	.	
	P_n	
X_2-X_3	P_1	$SI(O(P_1 < -Y, P_2 < -Y, P_3 < -Y, \dots, P_n < -Y, P_1 > Y, P_2 > Y, P_3 > Y, \dots, P_n > Y), \text{"Vía Alternativa", "Continuar Ruta"})$
	P_2	
	P_3	
	.	
	P_n	
$X_{(n-1)}-X_n$	P_1	$SI(O(P_1 < -Y, P_2 < -Y, P_3 < -Y, \dots, P_n < -Y, P_1 > Y, P_2 > Y, P_3 > Y, \dots, P_n > Y), \text{"Vía Alternativa", "Continuar Ruta"})$
	P_2	
	P_3	
	.	
	P_n	

Cuadro 6. Algoritmo de Dijkstra considerando la ruta más corta en base al tiempo de viaje. Fuente: Elaboración propia basado en Restrepo y Sánchez (2004).

l (p)	Nodo X				
Iteraciones					
Nodo	l (i)	l(p)	d(p,i)	l(p) + d(p,i)	Mínimo
X ₁	D X ₁	D ₁ (p)	D ₁ (p,i)	D ₁ (p) + D ₁ (p,i)	si((D X ₁) < (D ₁ (p) + D ₁ (p,i)), D X ₁ , D ₁ (p) + D ₁ (p,i))
X ₂	D X ₂	D ₂ (p)	D ₂ (p,i)	D ₂ (p) + D ₂ (p,i)	si((D X ₂) < (D ₂ (p) + D ₂ (p,i)), D X ₂ , D ₂ (p) + D ₂ (p,i))
X ₃	D X ₃	D ₃ (p)	D ₃ (p,i)	D ₃ (p) + D ₃ (p,i)	si((D X ₃) < (D ₃ (p) + D ₃ (p,i)), D X ₃ , D ₃ (p) + D ₃ (p,i))
.
.
.
.
X _n	D X _n	D _n (p)	D _n (p,i)	D _n (p) + D _n (p,i)	si((D X _n) < (D _n (p) + D _n (p,i)), D X _n , D _n (p) + D _n (p,i))

A partir de los algoritmos expuestos, se construye el algoritmo de rutas turísticas que se muestra en el Anexo 1, el cual le permite a un planificador establecer una propuesta de ruta turística para autobuses, teniendo en consideración los siguientes subpasos:

1. fijar centroide inicial;
2. selección de caminos de interés (en caso de existir);
3. selección de centroides en base al IERTEA ($I_n \geq I_w$);
4. fijar límites de las pendientes entre los centroides ($P \leq |Y|$);
5. aplicación del algoritmo de Dijkstra.

Resultados y discusión de su aplicación en la Sierra Gorda de Querétaro, México

Resultados

A partir de los pesos de las variables contenidas en el IERTEA, así como de la dotación de recursos en cada una de las comunidades consideradas como caso de aplicación, y su accesibilidad (considerando las rutas de autobuses turísticos), se procede al cálculo del IERTEA. Se obtuvo a la vez el IERAC con los pesos propuestos por González-Ávila (2011), ambos resultados se muestran en el Cuadro 7. Para clarificar la obtención del IERTEA a continuación se sustituyen ambos términos de la expresión (el primero enfocado a los recursos y el segundo a la accesibilidad) considerando el caso de la comunidad de San Pedro Escanela.

$$IERTEA = 0,228454 + 0,238$$

Al comparar la aplicación de ambos indicadores, se observa que IERTEA asigna mayor peso en las variables de recursos culturales y naturales, respecto a la propuesta de González-Ávila (2011), lo anterior es el resultado de la ponderación realizada empleando el PJA. En cuanto a la dotación de transporte, las comunidades cuentan con transporte público hacia y desde el núcleo regional principal y se consideró que contarían con servicio de autobús turístico. El resto de variables en el parámetro de accesibilidad tienen un valor de cero, al no cumplir con la condición de que las vialidades y los recursos culturales estén adecuados para facilitar la movilidad de personas con discapacidad motriz.

Cuadro 7. Cálculo del IERTEA e IERAC por comunidad. Fuente: Elaborado sobre la base de el procedimiento definido por González-Ávila (2011) para el IERAC.

Comunidad	IERTEA			IERAC
	Recursos	Accesibilidad	Total	
San Pedro Escanela	0,228454	0,238	0,46645	0,133766
Agua Zarca	0,256321	0,238	0,49432	0,118390
Tilaco	0,247125	0,238	0,48512	0,148863

Para validar el indicador, se procedió a encuestar a 114 turistas de un universo de 93173 turistas que visitan la Sierra Gorda Queretana (Almanza, 2013), preguntándoles su interés por visitar cada una de las tres comunidades (sobre la base de su accesibilidad y recursos), se obtuvieron 82 cuestionarios válidos lo cual representa un nivel de confianza del 95% y un error máximo del 4%, los resultados del interés de los encuestados en visitar las comunidades se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Interés de los turistas en visitar las comunidades. Fuente: Elaboración propia.

Localidad	IERTEA (%)	Interés en visitar (%)
San Pedro Escanela	46,65	84,15
Agua Zarca	49,43	86,59
Tilaco	48,51	85,37

Al correlacionar mediante una regresión lineal el interés de los encuestados en las tres comunidades con el IERTEA, se obtiene un coeficiente de correlación de 0,96, y la siguiente función lineal:

$$y = 0,8428x + 44,748.$$

Donde:

$$y = \text{Interés turístico (\%)}$$

$$x = \text{IERTEA (\%)}$$

La propuesta de rutas

A partir de los resultados obtenidos en el IERTEA se procede a la aplicación del algoritmo de rutas, considerando las tres comunidades (al proponerse que $I_w = 0,4$). En el Cuadro 9 se muestra la aplicación del algoritmo de rutas proponiendo como centroide inicial Jalpan de Serra (núcleo central de la región), con destino a San Pedro Escanela. Para acceder a dicha localidad existen varios caminos, ya sean pavimentados o de terracería, por lo anterior, se consideraron únicamente los pavimentados (pues los de terracería cuentan con un solo carril). La restricción de pendiente máxima de la vía parte de las recomendaciones de SEDESOL (S/A) para una zona Subregional montañosa la cual es del 10%, con las longitudes de las pendientes menores de 150 metros. Sin embargo, dependiendo del tipo de autobús que se pretenda emplear, es posible tomar en cuenta su relación peso/potencia para determinar pendientes máximas.

Cuadro 9. Aplicación del algoritmo. Fuente: Elaboración propia.

Nodo Inicial	Nodo (i)	l(p)	d(p,i)	l(p) + d(p,i)	Mínimo	Indicador	Pendientes	Condición
403	403-33	561,16	-	561,1627	561,16	o	4,02261665	Vía Alterna
							-2,91902241	
							0,52505659	
							-12,0505422	
							-15,3606174	
							0	
							0	
							17,836952	
							-4,21545494	
							-3,34820932	
							-4,86318797	
							1,89330491	
							5,30774105	
							9,4475488	
5,63951181								
0,32945287								
403	33-34	561,16	1407,62	1968,79	1968,79	o	8,49410858	Continuar
							9,572658	
							7,42809618	
							-3,19004874	
							-2,04540849	
							9,923413	
							9,2342785	
							4,22703555	
							3,01489932	
							0,53094374	
							3,51227511	
							-2,41960647	
							-9,234831	
							-8,38500353	
							-1,05698186	
							-5,48129659	
							-7,07083489	
							-4,57885035	
							1,80797857	
-9,24319901								
-9,34781								
-7,05631984								
-5,97008025								

403	391-41	14892,47	237,46	15129,94	15129,94	0,46645	-2,80417441	Parar
							-1,81593792	
							-4,58527252	
							-2,66428768	
							-1,37641462	
							-2,85713927	
							-2,84913134	
-6,84674525								



Aplicando el algoritmo a las tres comunidades elegidas como caso de estudio, se realiza la comparación de las rutas minimizando el tiempo de viaje hacia cada una de estas comunidades (considerando las vialidades que cumplen con las restricciones y que en esas vialidades existen paisajes para el visitante), para obtener la ruta óptima a partir de Jalpan de Serra (véase Cuadro 10). La Ruta 1 es la correspondiente a visitar primero San Pedro Escanela, después Tilaco y por último Agua Zarca, la Ruta 2 es San Pedro Escanela, Agua Zarca y Tilaco, la Ruta 3 es Tilaco, San Pedro Escanela y Agua Zarca, la Ruta 4 es Tilaco, Agua Zarca y San Pedro Escanela, la Ruta 5 es Agua Zarca, San Pedro Escanela y Tilaco y la Ruta 6 es Agua Zarca, Tilaco y San Pedro Escanela.

Figura 4. Ruta e IERTEA. Fuente: Elaboración propia sobre la base de la imagen digital de INEGI.

Cuadro 10. Tiempo de viaje en minutos en las rutas obtenidas. Fuente: Elaboración propia.

Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6
280,63	330,52	339,49	308,52	389,38	308,52

De acuerdo con los resultados obtenidos se propone la Ruta 1 como la ruta turística óptima, ya que es la que tiene un tiempo de recorrido menor, siendo el menor tiempo hacia cada una de las comunidades. En la Figura 4 se muestran los tiempos de recorrido hacia estas comunidades y su respectivo valor del IERTEA.

A partir del desarrollo propuesto en el presente artículo, el Cuadro 11 describe las fortalezas y debilidades de la metodología planteada.

Cuadro 11. Fortalezas y debilidades de la metodología para la determinación de rutas óptimas para autobuses turísticos en zonas rurales. Fuente: Elaboración propia.

Fortalezas	Debilidades
Fácil de implementar en otro entorno.	Puede resultar costosa la adquisición de información de campo (datos GPS y base de datos de recursos).
Sólido procedimiento en la valoración del Indicador.	
Factible su implementación en un <i>software</i> SIG, lo cual auxiliará en la reducción del tiempo de cálculo.	
Posibilidad de evaluar individualmente o de manera conjunta los recursos y la accesibilidad.	
Herramienta de apoyo en la toma de decisiones sobre la planificación de rutas turísticas.	
Cada día hay mayor disponibilidad de grafos digitales gratuitos.	

Conclusiones

A partir de las respuestas obtenidas de los cuestionarios y del inventario de recursos, ambas variables muestran una correlación del 96,29% entre la preferencia declarada de los visitantes y la dotación de los diferentes bienes, equipamiento, servicios y accesibilidad.

Los pesos asignados a cada uno de los recursos que engloba el IERTEA (recursos culturales, naturales, inmateriales, humanos, gastronomía y artesanías, servicio y equipamiento), fueron obtenidos empleando el proceso de jerarquía analítica a diferencia del IERAC, el cual no presenta un procedimiento sólido para la asignación de pesos de cada uno de sus elementos constitutivos; además el IERTEA considera como variable el concepto de accesibilidad integral, con la cual es posible identificar el estado de la infraestructura y del transporte, para mejorarlos de ser factible. Es decir, se enfoca en que el turista con o sin discapacidad pueda realizar el viaje en el territorio teniendo acceso mediante la eliminación de obstáculos en el entorno físico, a los diversos recursos culturales, permitiendo así el turismo accesible.

En cuanto a su ponderación, el IERTEA asigna mayor *peso* a los recursos culturales y naturales respecto al IERAC. La metodología propuesta puede ser repetida en otros entornos, considerando su grupo de expertos particular, lo que conllevará posiblemente a diferentes opiniones sobre la jerarquía, adecuadas a las características particulares del área objeto de estudio, mientras, el algoritmo no requiere variación considerando los parámetros aquí planteados.

Al algoritmo de rutas, además de contener el de Dijkstra, se le adicionan las condicionantes del IERTEA y de la pendiente, pudiendo obtener la ruta para un autobús turístico considerando con ello elementos en el momento de la planificación. Si bien el IERTEA permite valorar individualmente o en conjunto la accesibilidad integral y los bienes materiales e inmateriales, es posible comparar ambas variables con el fin de asignar un *peso* a cada una dentro del IERTEA de forma aditiva.

Sin embargo, se plantea como futura línea de investigación la comparación de diferentes formas funcionales que integren la accesibilidad y los bienes, así como la implementación del algoritmo en un *software* SIG y su aplicación en diversos entornos.

Agradecimientos

La investigación contó con el financiamiento conjunto del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y del Gobierno del Estado de Querétaro, mediante el contrato

FMQRO-2012-C01-193428. Los autores agradecen a los revisores, quienes proporcionaron valiosas sugerencias y comentarios en la versión previa del documento.

Anexo 1. Algoritmo de rutas turísticas para autobuses. Fuente: Elaboración propia.

Nodo Inicial	Nodo (i)	l (i)	l(p)	d(p,i)	l(p) + d(p,i)	Mínimo	Indicador	Pendientes	
Xinicial	X1-X2	D X ₁	D ₁ (p)	D ₁ (p,i)	D ₁ (p) + D ₁ (p,i)	si((D X ₁) < (D ₁ (p) + D ₁ (p,i)), D X ₁ , D ₁ (p) + D ₁ (p,i))	l ₁	P ₁	
		D X ₂	D ₂ (p)	D ₂ (p,i)	D ₂ (p) + D ₂ (p,i)	si((D X ₂) < (D ₂ (p) + D ₂ (p,i)), D X ₂ , D ₂ (p) + D ₂ (p,i))	l ₂	P ₂	
		D X ₃	D ₃ (p)	D ₃ (p,i)	D ₃ (p) + D ₃ (p,i)	si((D X ₃) < (D ₃ (p) + D ₃ (p,i)), D X ₃ , D ₃ (p) + D ₃ (p,i))	l ₃	P ₃	
	
	
	
		D X _n	D _n (p)	D _n (p,i)	D _n (p) + D _n (p,i)	si((D X _n) < (D _n (p) + D _n (p,i)), D X _n , D _n (p) + D _n (p,i))	l _n	P _n	
Camino 1		Camino 2							
Xinicial	X2-X3	D X ₂	D ₂ (p)	D ₂ (p,i)	D ₂ (p) + D ₂ (p,i)	si((D X ₂) < (D ₂ (p) + D ₂ (p,i)), D X ₂ , D ₂ (p) + D ₂ (p,i))	l ₂	P ₂	
		D X ₃	D ₃ (p)	D ₃ (p,i)	D ₃ (p) + D ₃ (p,i)	si((D X ₃) < (D ₃ (p) + D ₃ (p,i)), D X ₃ , D ₃ (p) + D ₃ (p,i))	l ₃	P ₃	
		D X ₄	D ₄ (p)	D ₄ (p,i)	D ₄ (p) + D ₄ (p,i)	si((D X ₄) < (D ₄ (p) + D ₄ (p,i)), D X ₄ , D ₄ (p) + D ₄ (p,i))	l ₃	P ₃	
	
	
	
		D X _n	D _n (p)	D _n (p,i)	D _n (p) + D _n (p,i)	si((D X _n) < (D _n (p) + D _n (p,i)), D X _n , D _n (p) + D _n (p,i))	l _n	P _n	
Camino 1		Camino 2							

Xinicial	X(n-1)-Xn	D X ₃	D ₃ (p)	D ₃ (p,i)	D ₃ (p) + D ₃ (p,i)	si((D X ₃)<(D ₃ (p) + D ₃ (p,i)),D X ₃ ,D ₃ (p) + D ₃ (p,i))	l ₃	P ₃	
		D X ₄	D ₄ (p)	D ₄ (p,i)	D ₄ (p) + D ₄ (p,i)	si((D X ₄)<(D ₄ (p) + D ₄ (p,i)),D X ₄ ,D ₄ (p) + D ₄ (p,i))	l ₄	P ₄	
		D X ₅	D ₅ (p)	D ₅ (p,i)	D ₅ (p) + D ₅ (p,i)	si((D X ₅)<(D ₅ (p) + D ₅ (p,i)),D X ₅ ,D ₅ (p) + D ₅ (p,i))	l ₅	P ₅	
	
	
	
		D X _n	D _n (p)	D _n (p,i)	D _n (p) + D _n (p,i)	si((D X _n)<(D _n (p) + D _n (p,i)),D X _n ,D _n (p) + D _n (p,i))	l _n	P _n	
Camino 1	Camino 2								

Condición
SI(l ₁ >=lw,"Parar",si(O(P ₁ <-Y,P ₂ <-Y,P ₃ <-Y,.....,P _n <-Y,P ₁ >Y,P ₂ >Y,P ₃ >Y,.....,P _n >Y),"Vía Alternativa",SI((D X ₁)<(D ₁ (p) + D ₁ (p,i)),Camino1,Camino2)
SI(l ₂ >=lw,"Parar",si(O(P ₁ <-Y,P ₂ <-Y,P ₃ <-Y,.....,P _n <-Y,P ₁ >Y,P ₂ >Y,P ₃ >Y,.....,P _n >Y),"Vía Alternativa",SI((D X ₂)<(D ₂ (p) + D ₂ (p,i)),Camino1,Camino2)
SI(l ₃ >=lw,"Parar",si(O(P ₁ <-Y,P ₂ <-Y,P ₃ <-Y,.....,P _n <-Y,P ₁ >Y,P ₂ >Y,P ₃ >Y,.....,P _n >Y),"Vía Alternativa",SI((D X ₃)<(D ₃ (p) + D ₃ (p,i)),Camino1,Camino2)
.
.
.
SI(l _n >=lw,"Parar",si(O(P ₁ <-Y,P ₂ <-Y,P ₃ <-Y,.....,P _n <-Y,P ₁ >Y,P ₂ >Y,P ₃ >Y,.....,P _n >Y),"Vía Alternativa",SI((D X _n)<(D _n (p) + D _n (p,i)),Camino1,Camino2)
.
SI(l ₂ >=lw,"Parar",si(O(P ₁ <-Y,P ₂ <-Y,P ₃ <-Y,.....,P _n <-Y,P ₁ >Y,P ₂ >Y,P ₃ >Y,.....,P _n >Y),"Vía Alternativa",SI((D X ₂)<(D ₂ (p) + D ₂ (p,i)),Camino1,Camino2)
SI(l ₃ >=lw,"Parar",si(O(P ₁ <-Y,P ₂ <-Y,P ₃ <-Y,.....,P _n <-Y,P ₁ >Y,P ₂ >Y,P ₃ >Y,.....,P _n >Y),"Vía Alternativa",SI((D X ₃)<(D ₃ (p) + D ₃ (p,i)),Camino1,Camino2)
SI(l ₄ >=lw,"Parar",si(O(P ₁ <-Y,P ₂ <-Y,P ₃ <-Y,.....,P _n <-Y,P ₁ >Y,P ₂ >Y,P ₃ >Y,.....,P _n >Y),"Vía Alternativa",SI((D X ₄)<(D ₄ (p) + D ₄ (p,i)),Camino1,Camino2)
.
.
.

$SI(l_n \geq l_w, "Parar", si(O(P_1 < -Y, P_2 < -Y, P_3 < -Y, \dots, P_n < -Y, P_1 > Y, P_2 > Y, P_3 > Y, \dots, P_n > Y), "Vía Alternativa", SI((D X_n) < (D_n(p) + D_n(p,i)), Camino_1, Camino_2)$
.
.
.
$SI(l_3 \geq l_w, "Parar", si(O(P_1 < -Y, P_2 < -Y, P_3 < -Y, \dots, P_n < -Y, P_1 > Y, P_2 > Y, P_3 > Y, \dots, P_n > Y), "Vía Alternativa", SI((D X_3) < (D_3(p) + D_3(p,i)), Camino_1, Camino_2)$
$SI(l_4 \geq l_w, "Parar", si(O(P_1 < -Y, P_2 < -Y, P_3 < -Y, \dots, P_n < -Y, P_1 > Y, P_2 > Y, P_3 > Y, \dots, P_n > Y), "Vía Alternativa", SI((D X_4) < (D_4(p) + D_4(p,i)), Camino_1, Camino_2)$
$SI(l_5 \geq l_w, "Parar", si(O(P_1 < -Y, P_2 < -Y, P_3 < -Y, \dots, P_n < -Y, P_1 > Y, P_2 > Y, P_3 > Y, \dots, P_n > Y), "Vía Alternativa", SI((D X_5) < (D_5(p) + D_5(p,i)), Camino_1, Camino_2)$
.
.
.
$SI(l_n \geq l_w, "Parar", si(O(P_1 < -Y, P_2 < -Y, P_3 < -Y, \dots, P_n < -Y, P_1 > Y, P_2 > Y, P_3 > Y, \dots, P_n > Y), "Vía Alternativa", SI((D X_n) < (D_n(p) + D_n(p,i)), Camino_1, Camino_2)$

Bibliografía

- » ALMANZA, Lucero (2013) Se triplica turismo en la Sierra Gorda. *El Universal Querétaro*, Querétaro, México < <http://www.eluniversalqueretaro.mx/portada/18-05-2013/se-triplica-turismo-en-la-sierra-gorda>>
- » ASCANIO, Alfredo (2004) Turismo y desarrollo de la comunidad: un primer paso para rescatar la identidad cultural. *Pasos, Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, vol. 2 n° 2, pp. 155-161.
- » BARRERA, Ernesto (1999) Las rutas gastronómicas: una estrategia de desarrollo rural integrado. *IV Seminario Internacional de Turismo Rural del Cono Sur*, Santiago de Chile, Chile.
- » BLANCASPERAL, Francisco Javier, GONZÁLEZLOZANO, Mercedes, GUERRERO CASAS, Flor María y LOZANO OYOLA, Macarena (2010) Indicadores sintéticos de turismo sostenible: una aplicación para los destinos de Andalucía. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, vol. 11 n° 1, pp. 85-118.
- » BORREGA REYES, Yolanda (2009) *El patrimonio y su relación con el turismo*. Bolivia: Instituto de Investigación Servicios y Consultoría Turística, Universidad Mayor de San Andrés. < <http://www.turismoruralbolivia.com/img/PatrimonioTur.pdf>>
- » BUHALIS, Dimitrios, EICHHORN, Victoria, MICHOPULOU, Eleni y MILLER, Graham (2005) *Accessibility market and stakeholder analysis*. Reino Unido: University of Surrey.
- » CARDOZO, Osvaldo, GÓMEZ, Érica y PARRAS, Miguel (2009) Teoría de Grafos y sistemas de información geográfica aplicados al transporte público de pasajeros en Resistencia (Argentina). *Revista Transporte y Territorio*, n° 1, pp. 89-111. <www.rtt.filo.uba.ar/RTT00105089.pdf>
- » CEAPAT (1996) *Concepto europeo de accesibilidad*. Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Instituto de Migraciones y Servicios Sociales, Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas.
- » CONNELL, Bettye, JONES, Mike, MACE, Ron, MUELLER, Jim, MULLICK, Abir, OSTROFF, Elaine, SANFORD, Jon, STEINFELD, Ed, STORY, Molly y VANDERHEIDEN, Gregg (1997) *NC State University, The Center for Universal Design, an initiative of the College of Design*. NC State University: The Center for Universal Design.
- » DIJKSTRA, Edsger (1959) A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, vol. 1 n° 1, pp. 269-271.
- » DOMÍNGUEZ, Trinidad, FRAIZ, José Antonio y ALÉN, Ma. Elisa (2011) Turismo y accesibilidad. Una visión global sobre la situación de España. *Cuadernos de Turismo*, vol. 28, pp. 23-45.
- » FERNÁNDEZ, Silvana (2000) ¿Qué se entiende por diseño universal?. *Entre dos mundos*, vol. 13, pp. 21-26.
- » FERNÁNDEZ-VILLARÁN, Asunción (2007) El acceso al turismo para las personas con discapacidad. *Desafíos y compromisos del turismo: hacia una visión más humana*, Congreso UNIJES, Bilbao: Universidad de Deusto. pp. 47-59.

- » GONZÁLEZ ÁVILA, María Eugenia (2011) Una propuesta para desarrollar turismo rural en los municipios de Zacatecas, México: las rutas agro-culturales. *Pasos: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, vol. 9 nº1, pp. 129-145.
- » GÓMEZ, Diego, MÉNDEZ, Germán, MÉNDEZ, Edgar, ORTIZ, Giovanni y TURRIAG, Álvaro (2008) Metodología basada en proceso de jerarquía analítica (AHP) para seleccionar cadenas productivas que buscan soluciones de automatización a bajo costo. *Ingeniería*, vol. 13 nº 1, pp. 15-26.
- » HANSEN, Walter (1959) How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 25 nº 2, pp. 73-76.
- » HARRIS, Britton (2001) Accessibility: concepts and applications. *Journal of transportation and statistics*, vol. 4 nº 2/3, pp. 15-30.
- » HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, Javier (2011) Los caminos del patrimonio. Rutas turísticas e itinerarios culturales. *Pasos, Revista de turismo y patrimonio cultural*, vol. 9 nº 2, pp. 225-236.
- » HEUMANN, Judith (1993) Building our own boats: a personal perspective on disability policy. En Gostin O. y Beyer H.A. (Eds.), *Implementing the Americans with disabilities act: rights and responsibilities of all Americans*, Baltimore: Paul H. Brookes Publishing Co. pp. 251-262.
- » JURADO-ALMONTE, José Manuel (2014) El turismo accesible en Andalucía y Portugal. *Cuadernos de Turismo*, nº 33, pp. 121-150.
- » KEENEY, Ralph y RAIFFA, Howard (1976) *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*. New York: John Wiley and Sons, Ltd.
- » LEIDNER, Rüdiger (2006) Design for all in the economy: the example of tourism accessible for all in Europe. *Newsletter Design For All*, vol. 1 nº 4, pp. 6-16
- » MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA (2006) *Guía Europea de observación del patrimonio rural*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente de España. 105 p. <http://www.magrama.gob.es/en/desarrollo-rural/temas/desarrollo-territorial/09047122800071c4_tcm11-26222.pdf>
- » NOGUÉS-PEDREGAL, Antonio Miguel (2006) Ruralismo y tecnotropismo: turismo y desarrollo en la Bonaigua. *Pasos, Revista de turismo y patrimonio cultural*, vol. 4 nº 1, pp. 53-68.
- » OSWALD Michelle y MCNEIL, Sue (2010) Rating sustainability: transportation investments in urban corridors as a case study. *Journal of Urban Planning and Development*, vol. 136 nº 3, pp. 177-185.
- » PÉREZ-PÉREZ, Samuel (2010) El valor estratégico del turismo rural como alternativa sostenible de desarrollo territorial rural, *Agronomía Colombiana*, vol. 28 nº 3, pp. 507-5013.
- » PÉREZ, Marcos y GONZÁLEZ, Diego (2003) *Turismo accesible: hacia un turismo para todos*. España: Comité Español de Representantes de Personas con Discapacidad - CERMI. <<http://cermi.es/documentos/descargar/Turismo-accesible/ta.pdf>>
- » PIYUSHIMITA, Thakuriah. (2001). Introduction to the special issue on methodological issues in accessibility measures with possible policy implications. *Journal of Transportation and Statistics*, vol. 4 nº 2/3, p. V.
- » PORCAL GONZALO, María Cruz (2011) El patrimonio rural como recurso turístico. La puesta en valor turístico de infraestructuras territoriales (rutas y caminos) en las áreas de montaña del País Vasco y de Navarra. *Cuadernos de*

turismo, 27 (Enero-Junio), pp. 759-784.

- » RESTREPO, Jorge y SÁNCHEZ, John (2004) Aplicación de la teoría de grafos y el algoritmo de Dijkstra para determinar las distancias y las rutas más cortas en una ciudad. *Scientia Et Technica*, vol. X n° 26 pp. 121-126.
- » REYES-ÁVILA, Bercial y BARRADO, Diego (2005) Nuevas tendencias en el desarrollo de destinos turísticos: marcos conceptuales y operativos para su planificación. *Cuadernos de Turismo*, vol. 15, pp. 27-43.
- » ROCHE, Hugo y VEJO, Constantino (2005) *Métodos cuantitativos aplicados a la administración*. Uruguay: Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República, Uruguay <<http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>>
- » ROMÁN, María Florencia y CICOLELLA, Mariana (2009) *Turismo rural en Argentina. Concepto, situación y perspectivas*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura <http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/argentina/Documents/DesRural/Tur_Rural/Libro_Turismo_Rural.pdf>
- » SAATY, Thomas (1980) *The analytic hierarchy process*. Nueva York, EUA.: McGraw-Hill.
- » SAATY, Thomas (1982) *Decision making for leaders: the analytical hierarchy process for decision in a complex world*. Belmont: Lifetime Learning Publications.
- » SAATY, Thomas (1990) How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operations Research*, vol. 48, pp. 9-26.
- » SALGADO, Santiago (2007) Editorial Polibea, *Turismo@Polibea*, vol. 34. <www.polibea.com>
- » SÁNCHEZ, Gabriel (2003) *Técnicas participativas para la planeación*. México: Fundación ICA. 344 p.
- » SEDESOL (S/A) *Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias Mexicanas*. México: Secretaría de Desarrollo Social.
- » SUN, Hongkai (2003) AHP in China. En *ISAHP'05*, 2003, Honolulu, Hawaii, USA.
- » ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA (2011) *Identificar e inventariar el patrimonio cultural inmaterial*. París, Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 16 p. <<http://www.unesco.org/culture/ich/index.php?lg=es&pg=00451>>
- » ZIETSMAN, Josias, RILETT, Laurence y KIM, Seung (2006) Transportation corridor decision-making with multi-attribute utility theory. *International Journal of Management and Decision Making*, vol. 7 n° 2/3, pp. 254-266.

Saúl Antonio Obregón-Biosca / saul.obregon@uaq.mx

Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Suficiencia investigadora en urbanística, Maestro y Doctor en Ingeniería por la Universitat Politècnica de Catalunya. Responsable del Laboratorio de Estudios Viales y Movilidad y Coordinador de la Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad en la UAQ. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México, Nivel I. Su línea de investigación se centra en el análisis de movilidad metropolitana y externalidades del transporte.

Jorge Arturo Sánchez-Escobedo / ing.jorge_sanchez@hotmail.com

Ingeniero civil por la Universidad Autónoma de Zacatecas y maestro en ingeniería de vías terrestres por la Universidad Autónoma de Querétaro. Investigador en el Laboratorio de Estudios Viales y Movilidad de la División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UAQ. Su línea de investigación actual se centra en la planificación de sistemas de transporte.

María de Lourdes Somohano-Martínez / lourdes.somohano@gmail.com

Doctora en Historia con especialidad en Historia Colonial por la Universidad Autónoma de Zacatecas. Profesora Investigadora en la Facultad de Filosofía de la Universidad Autónoma de Querétaro, en donde ha coordinado la licenciatura en Historia. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. Su línea de investigación actual se centra en el rescate y catalogación de los acervos bibliohemerográficos y en la historia novohispana.