

Autor/s: Pérez Machado, Reinaldo Paul
Títol: Procesos de geocodificación urbana: Los casos de São Paulo y Barcelona
Publicat a: Revista Catalana de Geografia
IV època / volum XIII / núm. 33 / febrer 2008
Font: -
URL: <http://www.rcg.cat/articles.php?id=113>

PROCESOS DE GEOCODIFICACIÓN URBANA: LOS CASOS DE SÃO PAULO Y BARCELONA

Reinaldo Paul Pérez Machado
Doctor en Geografía
Universidade de São Paulo

Objetivos e introducción

El presente trabajo fue desarrollado con apoyo de la CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, durante la pasantía de post-doctorado del autor en la Universidad de Barcelona, 2006 - 2007. El objetivo principal del texto es el de discutir las características fundamentales del recurso de la Geocodificación, como parte integrante de los SIG y, en consecuencia, también de las Tecnologías de la Información Geográfica, describiendo ampliamente como se utiliza ese recurso técnico y cuales son los requisitos para poder implementarlo. Por otra parte, se presentan algunas particularidades específicas a las dos metrópolis, São Paulo y Barcelona, en cuanto a las posibilidades de aplicación práctica de la geocodificación así como de sus derivados.

Se puede definir geocodificación como la acción de atribuir coordenadas geográficas a uno, o varios eventos, utilizando como referencia su dirección postal. Es evidente que, aunque este proceso puede realizarse manualmente, su utilización intensiva en la geografía contemporánea se debe al auge de los Sistemas de Información Geográfica y a al creciente aumento de la capacidad de almacenamiento de grandes bases de datos así como el de la velocidad de procesamiento de los ordenadores. Paralelamente, es necesario que se disponga de una base cartográfica digital con los ejes de las calles y avenidas, comúnmente denominada mapa callejero, que es quien permite de hecho realizar la localización geográfica, que no es más que la interpolación gráfica del punto correspondiente a la dirección postal en la fachada correspondiente al lado par o impar, según sea el número del inmueble analizado.

Desde hace unos diez años los recursos y métodos de geocodificación de direcciones han sido cada vez más utilizados. En combinación con otras tecnologías de análisis espacial se han constituido en especialidades de los Sistemas de Información Geográfica o *Geoprocessamento* (como se denomina en Brasil la Tecnología de la Información Geográfica). Se hace referencia a los estudios de *Geomarketing* y al *LBA* (sigla proveniente del Inglés *Location Based Analysis*), así como a la cartografía automatizada de *POI* (*Points of Interest*). Más recientemente (en los últimos 5 años), el empleo de *POI* se ha hecho prácticamente indispensable en los mapas digitales de la Internet, sobre todo su combinación con la capacidad de geocodificación y el establecimiento de rutas y caminos mínimos para la cartografía digital que se utiliza corrientemente hoy en día con los GPS, sea para uso comercial (en taxis y autobuses), como institucional o privado.

Condiciones necesarias para la implementación de la geocodificación

Es necesario mencionar que, para poder realizar un proceso de geocodificación con un elevado índice de acierto son necesarias tres condiciones fundamentales:

1) La lista de direcciones postales.

La simple disposición de un conjunto de localizaciones espaciales (que son indicadas por su dirección postal) en forma de lista organizada siguiendo, o no, algún criterio temático constituiría la primera de las condiciones mencionadas. En la hora de formar esa lista, es importante considerar que contribuye mucho al suceso final del proceso que esta sea montada como una base de datos, y en ella, algunas columnas son indispensables: identificador único, nombre, calle, número y código postal. Es posible que la dirección postal esté contenida en una sola columna, pero, al separarla convenientemente (por ejemplo según el tipo de vía, nombre, número, complemento, código postal y barrio) generalmente se consigue mayor número de aciertos en la geocodificación y menos eventos ambiguos. Esto es especialmente importante en ciudades populosas, donde debido a la gran cantidad de calles existentes no es infrecuente encontrar homónimos en los nombres (mismo que esto procure evitarse). Así, vemos como en Barcelona existen las vialidades Paseo de Gracia, Grande Gracia y Travesera de Gracia, o sea la misma denominación con tres tipos de vía diferentes. En la ciudad de São Paulo se encuentran calles totalmente idénticas que apenas se diferencian por el código postal y el barrio donde están localizadas. El asunto puede complicarse todavía más en regiones metropolitanas, donde adicionalmente debe constar en la lista de direcciones el municipio al que pertenece el evento que se pretende localizar.

La clasificación por asunto es importante pues permite posteriormente, después de realizado el proceso de geocodificación, la rápida confección de mapas temáticos, donde cada evento es representado por un punto (en virtud de la coordenada obtenida por la geocodificación) y ese punto constituye un símbolo (geométrico o iconográfico) diferente según su clasificación, por ejemplo aeropuertos, bancos, bares, cines, escuelas, farmacias, gasolineras, hospitales, museos, restaurantes, etc. El único inconveniente estaría, en el caso de querer mostrar subclases o atributos incompatibles entre todos los eventos por ejemplo, indicar con símbolos proporcionales la cantidad de vuelos en los aeropuertos, la capacidad de alumnos en las escuelas y el tipo de comida que se sirve en los restaurantes. En ese caso, la solución está en crear una lista para cada uno de esos temas separándolos en tres mapas diferentes: el de aeropuertos, el de escuelas y el de restaurantes. Lógicamente se presupone que cada una de los bancos de datos asociados debe contener alguna columna con datos cuantitativos o cualitativos que permitan posteriormente su utilización por los diferentes métodos de representación cartográfica.

2) Un SIG con función de Geocodificación .

La función de Geocodificación (del inglés *Geocoding*) es cada vez más utilizada en los paquetes de SIG actuales, ella consiste en una simple acción de interpolación lineal, que se lleva a cabo en el momento de comparar las direcciones postales (contenidas en la base de datos a ser geocodificada, o sea localizada), con una base cartográfica digital de ejes de calles, donde se dispone de la numeración postal inicial y final, derecha e izquierda para todos y cada uno de los segmentos que conforman esos ejes o sea de esquina a esquina. Evidentemente, tanto la base cartográfica de ejes de calles como la lista de direcciones o de puntos a localizar (geocodificar) deben cumplir con determinados requisitos para que el programa de geocodificación pueda realizar la localización por interpolación con un buen índice de acierto. En primer lugar, es necesario que la lógica de las direcciones acompañe el estándar de tener los números pares a la derecha, los impares a la izquierda y la numeración ir creciendo a medida que se avanza por la calle o avenida de forma proporcional a la distancia recorrida. En segundo lugar, el formato de las direcciones debe coincidir en ambas bases de datos, por ejemplo el nombre de la calle precede al número postal y al complemento (escalera, piso, puerta), lógicamente referentes al mismo territorio o ciudad. Otros atributos que ayudan aumentando la velocidad y precisión de la localización son el código postal y el barrio, esto ocurre especialmente en ciudades muy grandes donde, como ya fue mencionado, pueden existir calles homónimas en sitios diferentes. Finalmente, el programa de geocodificación, generalmente implementado como función de un SIG, debe ser capaz de realizar el cálculo efectivo de las coordenadas de cada punto (a partir de la información contenida en la dirección postal), a través de la comparación realizada entre la mencionada información y los datos de todos los segmentos de calles contenidos en el mapa callejero de la ciudad. Una vez seleccionado el segmento correspondiente a la dirección a ser localizada geográficamente, el algoritmo de geocodificación realizará una operación de interpolación lineal, que arrojará como resultado las coordenadas del punto analizado. Esto se traducirá gráficamente en un punto situado en el lado correcto de la calle (sea par o impar), en la posición correspondiente y con precisión relativa, proporcionada más por la base digital de ejes de referencia que por la capacidad del software de realizar una operación matemática simple de interpolación.

Deberá quedar claro que aunque la precisión que se alcance en el proceso de geocodificación no estriba directamente de la capacidad del algoritmo que lo efectúa, así como tampoco lo es la cantidad de direcciones correctamente localizadas (que depende más de la calidad de la lista de puntos analizados). La agilidad y eficiencia del proceso de geocodificación si obedecen a la calidad del programa de geocodificación que se utilice, especialmente cuando se trata de la posibilidad de elucidar las causas de fallas en la localización de registros, detección de cruzamientos, subrutinas de pesquisas fonéticas capaces esquivar errores de digitación y, especialmente, en la capacidad de reprocesamiento de saldos (tratados como subconjuntos) sin tener que realizar nuevamente el trabajo para la base entera. Es importante que existan alternativas para la eliminación de dudas en el caso de vías homónimas, utilizando para ello el barrio o el código postal. También, la velocidad del ordenador y el tamaño de su memoria virtual (cuanto mayor mejor) influirán positivamente en la acción de geocodificación.

3) La base cartográfica digital de ejes viales

Esta tercera condición, que constituye la base cartográfica, también conocida como mapa callejero, es tan importante como las dos mencionadas anteriormente. El trabajo de geocodificación de hecho se realiza a través de una comparación entre la lista de direcciones postales que se pretende localizar y el mapa callejero, realizada por el algoritmo de geocodificación contenido en esa función del SIG.

En primer lugar, es necesario aclarar que esa base cartográfica digital de ejes viales debe estar constituida por una estructura vectorial (1), que de hecho se organiza en forma de red interconectada, donde cada segmento (o link) representa el eje de una vía, desde un cruzamiento hasta el siguiente, esto es describiendo apenas el aspecto espacial, o sea, gráfico de la red. Paralelamente, existen los atributos descriptivos (también conocidos como la parte alfanumérica) y en principio, no espaciales a los cuales cada elemento de la red está íntimamente ligado, conteniendo la numeración postal inicial y final, derecha e izquierda para todos y cada uno de los segmentos que conforman esos ejes; así como el nombre propio, el código postal y otras referencias espaciales restrictivas, como barrio, distrito o municipio. Es imprescindible la presencia de la largura del elemento y del código principal (y único) que permite la unión entre la parte gráfica, espacial y geométrica del segmento de vía, y sus atributos no espaciales. De hecho, cada uno de los atributos descriptivos contenidos en la base cartográfica digital de ejes viales o mapa callejero tiene su función específica en el proceso, esos atributos se almacenan como el contenido de las células de una matriz donde las columnas representan los nombres de los atributos, y cada línea representa el elemento (segmento de eje contenido entre dos cruzamientos) de una calle específica dentro de la ciudad sobre la que se está realizando la geocodificación.

Obsérvese la figura donde se muestra un extracto de la tabla de atributos descriptivos del mapa callejero de Barcelona (ver Tabla 1). La matriz que se presenta, correspondiente a todos los segmentos del Carrer (calle) del Vallespir en la ciudad, exhibe (en forma de columnas) los atributos imprescindibles para la geocodificación y de estos, únicamente aparecen escritos en mayúsculas los tres primeros. Se ha utilizado ese recurso para diferenciar de esta forma aquellos atributos que si son definitivamente espaciales de los que no lo son. En primer lugar el **ID**

(identificador) es la llave maestra, el código único, irreplicable, asociado a cada elemento de un archivo geográfico digital, este código además de identificar singularmente cada objeto, sirve de conexión entre la parte gráfica y los atributos asociados a cada elemento; le sigue **LENGTH** (largura), en este caso expresada en metros; a continuación **DIR** (dirección) indica mediante un código simple (0, 1 y -1) si la vía en cuestión posee doble sentido de circulación, si la circulación de vehículos es coincidente con la topología, o si es contraria a esta, aplicando el descriptivo respectivamente a cada uno de los códigos enunciados (2), el uso de la dirección del flujo de transporte es imprescindible para el establecimiento de caminos mínimos y rutas de transporte, razón por la cual, si la dirección del tránsito no se conoce, esta columna es alimentada por defecto con el valor cero (doble sentido utilizado para el modo peatonal). A partir de la cuarta columna en el ejemplo, con los nombres de los campos escritos con mayúsculas y minúsculas, y hasta el final, en la decimotercera posición, se colocan apenas atributos descriptivos, alfanuméricos, o no espaciales en el sentido estricto (que indican forma, posición, largura o área), de estos, el primero utilizado es el **Codi** (código en Catalán) y que substituye el nombre completo de la vía en cualquier base de datos; que aquí se ha llamado **Denominació** (denominación) en la siguiente columna, el contenido de este campo se utiliza corrientemente como etiqueta para ser colocada en el lugar correspondiente a la hora de visualizar el mapa callejero; seguidamente viene **Name** (3) (nombre en Inglés), que contiene solamente el nombre propiamente dicho, sin incluir tipos de vía (calle, avenida, plaza, etc.) ni preposiciones, títulos nobiliarios o graduaciones militares; a continuación aparecen los campos **Left Zip** y **Right Zip**, que guardan el código postal derecho e izquierdo a cada segmento, asumiendo de esta forma que es posible que una vía (o una parte de ella), sea frontera entre dos zonas postales diferentes; seguidos por cuatro campos: **Start Left**, **End Left**, **Start Right** y **End Right**, que muestran el inicio y final de la numeración postal del lado izquierdo así como el inicio y final de la numeración postal del lado derecho, respectivamente; finalmente el campo **Parity**, indica mediante otro código simple, en este caso dicotómico (0 o 1), si la numeración es consecuente con los valores normales referidos a los impares del lado izquierdo y los pares del lado derecho, o si está invertida o mezclando pares con impares, donde 0 es normal y 1 es mezclado, siendo 0 el valor por defecto.

Es necesario destacar que se ha utilizado para geocodificar en este ejercicio el SIG **Maptitude** (marca registrada de **Caliper Corp.**). Este sistema, aunque de fácil operación es poderoso, y tiene una fuerte orientación hacia los **SIG T** o Sistemas de Informaciones Geográficas de Transportes, lo que hace que la simple existencia de algunos de los campos que aquí son obligatorios, como **DIR**, **LENGTH** y **Parity** esté condicionada por esta característica.

ID	LENGTH	DIR	Codi	Denominació	Name	Left Zip	Right Zip	Start Left	End Left	Start Right	End Right	Parity
123205	29,02	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	0	0	0	0	0
127585	65,39	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	1	17	2	14	0
127541	56,57	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	19	25	16	26	0
127535	21,14	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	27	31	28	30	0
127566	25,07	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	33	37	32	34	0
127554	45,02	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	39	45	36	50	0
127560	105,35	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	47	71	52	92	0
123217	66,35	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	73	85	94	110	0
123224	69,81	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	87	103	112	128	0
123267	66,79	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	105	129	130	142	0
123274	72,49	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	131	141	144	162	0
122913	61,07	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	143	161	164	184	0
122906	94,79	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	163	179	186	192	0
147808	79,11	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	181	195	194	196	0
147827	67,47	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPiR	08014	08014	197	203	198	198	0

Tabla 1. Extracto de la base de datos asociados a las entidades del mapa callejero, conteniendo, exclusivamente, los segmentos de vía correspondientes a la Calle del Vallespir, en el barrio Les Corts de Barcelona.

Especificidades del proceso de Geocodificación

En términos generales, tanto la metodología descrita anteriormente, como las tres condiciones mencionadas son necesarias a cualquier proceso de geocodificación, independientemente del local donde se realice o del SIG utilizado para ello. Por ejemplo, es posible realizar la geocodificación de accidentes de tránsito en una red de

carreteras, si previamente se preparan los atributos de la base cartográfica digital de carreteras y autopistas de forma a tenerlos dispuestos como los atributos de un mapa callejero digital, como se muestra en la Tabla 1. Basta colocar para cada segmento de carretera o autopista que aparezca gráficamente los datos necesarios de numeración inicial y final y un código postal que puede ser el mismo para toda la base, evidentemente, el nombre de la vía sería el propio nombre (y/o el código) de la carretera. La numeración postal final se substituye por la longitud en metros de cada segmento, atribuyendo pares al lado derecho e impares al izquierdo; consecuentemente para la numeración inicial par se coloca el número 2 y para el impar 1. Probablemente, lo más difícil de conseguir son los datos de la localización del segmento inicial y final de cada carretera, que deberán estar identificados y ordenados topológicamente en la forma Origen -> Destino. Después de "preparar" la base de esta forma, basta tener la lista de accidentes donde se haga referencia al nombre de la carretera y al Km. donde sucedió el evento, por ejemplo: **Rodovia Fernão Dias Km. 17,5**. Precisamente es esta lista de accidentes (de hecho direcciones postales) la que será sometida al proceso de comparación e interpolación lineal que se denomina geocodificación.

Cuanto a la precisión en la localización de hecho depende de varios aspectos. En primer lugar, del grado de actualidad del mapa de ejes viales, o callejero utilizado. En este caso se hace referencia simplemente al factor cronológico, ya que, evidentemente, no es posible ubicar de esta forma una dirección localizada en una calle que fue abierta después que el mapa de referencia fue concluido, o por cualquier razón simplemente no existe en la base cartográfica. Seguidamente aparece el método utilizado por los fabricantes de los mapas callejeros para colocar la numeración postal, y este aspecto es el que más comúnmente afecta la calidad del proceso de geocodificación. Existen de hecho dos posibilidades: por cálculo matemático y por levantamiento de campo. Ambos se aplican sobre una base cartográfica digital ya existente, donde todos los ejes han sido digitalizados y alimentados con sus nombres y otros atributos necesarios. El cálculo matemático se realiza por simple interpolación atribuyendo la numeración inicial y final, par e impar (derecha e izquierda) mediante un algoritmo especializado; previamente es necesario conocer (y ordenar) los segmentos de calles gráficamente según su sentido topológico, o sea que la secuencia gráfica deberá coincidir con el orden lógico de crecimiento de la numeración. Evidentemente que el levantamiento de campo producirá los mejores resultados, tanto en calidad como en precisión, pero tendrá también los más altos costos de producción,

Así mismo, también afecta a la calidad y sobre todo a la precisión de la geocodificación la forma de tratar las avenidas y paseos. Además de que estas vías son más anchas que las calles normales, en el caso de haber jardines centrales, ellas deben ser tratadas como dos vías separadas, cada una comportándose como una senda con sentido único de circulación. Esto hace que a la hora de apartar el punto geocodificado del eje viario para colocarlo aproximadamente sobre el borde de la manzana o inclusive a algunos metros hacia dentro no haya que tratar separadamente las vías con esas características. A esa distancia de retraimiento perpendicular al eje vial se le denomina **off-set**, y generalmente es determinada previamente en los ajustes por defecto de los sistemas que hacen la localización automática de los puntos de interés a través de su dirección postal.

Es evidente que estos procedimientos son relativamente sofisticados y complejos, y en gran medida dependientes tanto de las capacidades o especificidades propias de los sistemas de localización, como de la estructura lógica y sobre todo gráfica del mapa callejero. Por ejemplo si se decide utilizar para las grandes avenidas solamente un eje central, o si se ha optado por trazar dos, uno a cada lado de los jardines centrales. La segunda opción es la más precisa y eficiente, especialmente si se pretende emplear el mapa callejero para realizar rutas para el transporte de cargas y pasajeros, ya que en estos casos los datos de conectividad de las vías transversales deben ser actualizados (por ejemplo si en una esquina es permitido girar a la derecha o no) y verdaderos (evitando que en el mapa aparezcan conexiones inexistentes). Lo mismo sucede con aquellos referentes al sentido de circulación del tránsito de vehículos, ya que una información equivocada puede provocar retrasos en la entrega, multas e inclusive accidentes.

Otro aspecto que influye directamente en los resultados de un proceso de geocodificación apunta hacia la calidad de los datos contenidos en la lista de direcciones a ser localizados. Estos datos deberán ser estandarizados, para que exista agilidad y un bajo índice de rechazo de direcciones postales en el momento de la ejecución del proceso de localización automática. La experiencia práctica indica que si una lista de direcciones es sometida previamente a un algoritmo de estandarización, el resultado obtenido en la geocodificación posterior alcanza el suceso en más del 95 % de los casos. Obviamente, un proceso exitoso al 100 % es muy improbable, pero si es posible mejorar los resultados mediante la repetición con criterios de localización cada vez más relajados en los saldos de cada rodada, como por ejemplo utilizar apenas 5 de los 8 dígitos del código postal, o recurrir al nombre del Barrio como referencia restrictiva de lugar con dimensiones mayores que aquel atribuido como área inherente al código postal. Poderosos recursos de búsqueda fonética y de referencia a directorios de códigos postales son algunos de los recursos que los algoritmos de estandarización o programas padronizadores, como también son conocidos, utilizan para alcanzar su objetivos.

Otras características especiales que pueden ser necesarias para el proceso de geocodificación dependen directamente del uso que se dará a este, por ejemplo, no es igual ejecutar la localización de todos los hospitales de una ciudad para realizar un estudio de planeación de servicios de salud pública, que ejecutar el plan de colecta de residuos hospitalarios en los mismos locales en dependencia de una secuencia precisa con horas marcadas, y siguiendo criterios de prioridad y proximidad a los crematorios. En el segundo caso, además de los tres requisitos arriba citados, es necesario que el mapa callejero contenga las orientaciones de flujo del tránsito (dirección del tránsito de vehículos), y mucho más importante, la conectividad topológica de todos los segmentos de vía, conformando una verdadera red de transportes, y considerando tanto el aspecto gráfico o espacial como sus atributos y peculiaridades lógicas. Sobre esa red de transportes (que aquí coincide con el mapa callejero), serán trazadas las rutas de colecta y entrega de los residuos hospitalarios. O sea, que para realizar el plan de colecta de residuos, será necesario ejecutar previamente la geocodificación de los hospitales y de los puntos de entrega (utilizando sus direcciones postales), para posteriormente, ejecutar un algoritmo de logística de transportes para que indique las diferentes alternativas de distribución. Nótese que la complejidad de los resultados esperados ha aumentado considerablemente, aunque los requisitos para alcanzarlos solo se han incrementado en algunas características relativas al mapa callejero y al algoritmo de cálculo de las rutas.

Se hace necesario mencionar, que aunque un trabajo de cálculo de colecta de residuos sólidos como el que se ha citado se realiza normalmente en un SIG que sigue el modelo de datos vectorial, que se basa en el análisis del espacio continuo, en determinadas condiciones es posible ejecutarlo en un ambiente discreto, o sea utilizando el modelo de datos *raster*. Así sucedió en Alcalá de Henares donde se utilizó el programa "Localiza", preparado para ser rodado como una macro del SIG Idrisi (que sigue el modelo *raster*), para evaluar la localización de contenedores de residuos sólidos urbanos en esa localidad (Rodríguez Espinosa, 2004).

Geocodificación en la ciudad de São Paulo

Está claro que el proceso de geocodificación presenta características propias en diferentes ciudades y países, y esas diferencias se ven reforzadas por razones históricas, sociales y también prácticas. La ciudad de São Paulo tiene 10.927.985 habitantes en el año 2005 y aproximadamente 18.200 Km. de vías. En São Paulo, en principio, todas las calles y avenidas, tienen su origen definido en un monolito (marco cero) que se encuentra en la plaza de la Catedral da Sé, concretamente, localizado en las coordenadas: 46° 38' 01,90" de longitud oeste y 23° 33' 01,55" de latitud sur, (ver Figura 1). Estas coordenadas son incorporadas a un algoritmo matemático para que, en el momento de colocar la numeración postal de una nueva calle (o de modificar una existente), se atribuya correctamente el inicio de la distribución de los números a aquel segmento de vía que se encuentre geográficamente más próximo al marco cero. Consecuentemente, el crecimiento y el lado derecho e izquierdo (o sea par e impar) serán situados en el sentido centro - barrio.

Como era de se esperar, en una ciudad que creció desmesuradamente en los últimos 150 años, convirtiéndose en la mayor metrópoli de América Latina, también se hizo presente el fenómeno de la conurbación así como el de simple anexión administrativa. Así, al engullir núcleos urbanos próximos, que de igual forma tenían su propio origen de numeración de vías, estos pasaron a ser barrios de São Paulo, en consecuencia, muchas de las antiguas calles quedaron con su comienzo "invertido". Esta situación todavía es patente en barrios como Santo Amaro, antiguo puerto fluvial del altiplano paulista.



Figura 1. Imagen de satélite de alta resolución (cortesía Google Earth). Nótese el monolito que representa el marco cero, en forma de rosa de los vientos, frente a la Catedral de la Sé. São Paulo.

La numeración utilizada en São Paulo obedece a los principios del sistema métrico decimal, o sea que la numeración de los inmuebles es aproximadamente coincidente con la distancia real que los separa del origen de la vía (que a su vez depende de la posición del extremo más próximo al referido marco cero), lógicamente eso implica también que la numeración de los inmuebles del lado derecho serán todos números pares y los del lado izquierdo impares. También, es necesario tener en cuenta el ancho de las vías transversales para adicionar al último número antes del cruce, para que al iniciar el conteo en la manzana siguiente, el primer inmueble después de la esquina tenga su numeración coincidente con la distancia recorrida desde el inicio. Cuando en un mapa callejero la numeración de los segmentos de calle se comporta de forma continua, o sea sin tener en cuenta la distancia dedicada al ancho de las vías transversales, eso indica que en ese mapa la numeración se ha construido automáticamente, o sea por interpolación y no por pesquisa de campo

La casi totalidad de los mapas callejeros utilizados en São Paulo obedecen, desde el punto de vista gráfico, a la forma antes mencionada de disponer los ejes de las grandes avenidas como si de dos vías paralelas se tratase, lo

que no es más que una adaptación del conocido patrón TIGER *Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing system*, utilizado por el Buró del Censo Norteamericano (U.S. Census Bureau. 2007) Esto mejora mucho la cualidad de los mapas callejeros, sobre todo desde el punto de vista del transporte, y a la vez simplifica notadamente el tratamiento lógico que exigen sus datos asociados en cuanto al sentido del flujo del tránsito, ya que disminuye la cantidad de ejes en los que es permitido la circulación en ambos sentidos. Pero, por otra parte, conlleva a utilizar el recurso de eliminar la numeración del lado que da para el jardín central, ya que la numeración de los inmuebles del otro lado de la vía, están atribuidos al segmento paralelo pero en sentido contrario. Consecuentemente, la numeración de este segmento también es anulada en el lado que da para el jardín central.

Existen muchos detalles en la construcción de un mapa callejero que dependen del usuario y destino final, así como de las individualidades de la ciudad sobre la que es trazado. Por ejemplo São Paulo, por causa de ser una ciudad enorme, mismo si se ciñe el universo a los límites municipales, existe duplicidad y a veces triplicidad de nombres en barrios y zonas postales diferentes, por tal motivo, la utilización de tales referencias geográficas (barrio y/o código postal) a la hora de realizar la geocodificación automática son tan importantes. Otro aspecto muy relevante para la localización es la inclusión del tipo de vía, o la utilización del título o graduación militar, por ejemplo si buscamos una vía llamada Itú, aparecerán: Rua Marquês de Itú, Rua Baronesa de Itú y Rua Itú, y dependiendo del tratamiento o del algoritmo de procura, probablemente se incluirían en la lista la Avenida Ituporanga y la Rua Ituparaná, así como cualquier otra comenzando con Itú, esté acentuada o no. Sin embargo, si se especifica que la vía buscada es solamente una Rua, y además aquella cuyo título nobiliario es el de marqués, y todavía se ofrece el código postal correcto, pues entonces no habrá cabida a ambigüedades en el momento de la geocodificación.

En los callejeros de São Paulo, se acostumbra a separar el nombre completo, comúnmente llamado Denominación, en 4 campos: **Tipo** (Rua, Avenida, Praça, Largo, Passagem, etc.), **Título** (graduación militar, título de nobleza o tratamiento religioso), **Preposición** (de, de la, del, de los, etc.) y finalmente el **Nombre** propiamente dicho. Un ejemplo claro de denominación completa sería Rua Marquês de Itú, donde al nombre corresponde apenas Itú.

Geocodificación en Barcelona

La ciudad de Barcelona tiene en 1.593.075 habitantes en el año 2005 y aproximadamente 1.500 Km. de vías. La geocodificación en Barcelona tiene características propias, que son interesantes y que las distinguen claramente de la capital paulista. En primer lugar, la forma de atribuir la numeración. Aunque en principio se supone que existe un origen situado en la Plaça de San Jaume (plaza del ayuntamiento), este origen se desvirtuó con el tiempo, convirtiéndose en la línea de costa para el sentido mar - montaña (norte - sur) y poniente - levante (oeste - este) para el sentido transversal. La numeración par se dispone al lado derecho, y la impar al lado izquierdo, aunque la distribución de los números de los inmuebles no es métrica con relación a la distancia del origen, y si dependiendo del catastro, esto hace que existe relativamente poco aumento de la numeración en cada manzana, y si por añadidura la fachada de los edificios es muy grande, llegar al número 200 de una calle no significa para nada caminar 200 metros desde su origen, como sería en São Paulo, si no que esta dirección fácilmente se encuentra a más de 10 manzanas del comienzo de la numeración par de la vía.

Por otra parte, es común colocar en una dirección postal el intervalo correspondiente al de dos o más números en el catastro, que son descritos mediante un guión que separa los dígitos, por ejemplo Gran Vía 54-56. Esto último acaba creando dificultades en el momento de utilizar un software de geocodificación creado para tratar direcciones métricas, ya que el guión actúa como separador entre la dirección y el complemento, lo que no es cierto. Felizmente, como los programas de geocodificación atribuyen la posición geográfica mediante un proceso de interpolación lineal proporcional a la largura de los segmentos, los puntos localizados acaban quedando correctamente situados. Evidentemente que siempre existen excepciones, como en cualquier proceso, por ejemplo en "14 bis", cuando junto con el número aparecen letras.

La dirección mencionada de la Gran Vía 54-56, todavía puede crear confusión, ya que en el mapa callejero de Barcelona, se presentan dos con esta denominación, la Gran Vía de Les Corts Catalans, y la Gran Vía de Carles III, para mencionar el tema homonimia de tipo. Al analizar apenas los nombres, se destaca el caso de Gràcia, para el que existen tres tipos de vía con cuatro diferentes nombres: Passeig de Gràcia, Carrer Gran de Gràcia, Travessera de Gràcia y con solo una manzana entre el Carrer d'Apel·les Fenosa y el Carrer Gran de Gràcia, aparece simplemente el Carrer de Gràcia.

Desde el punto de vista gráfico, aunque en Barcelona se utiliza también una adaptación del patrón TIGER, arriba mencionado, el entrase mayor se produce cuando no se separan en dos líneas paralelas los segmentos correspondientes a grandes avenidas o paseos, porque sencillamente el jardín central no alcanza determinada anchura (entre 15 y 20 m) (ver Figura 2), o lo que es peor, hay segmentos que pasan por encima de jardines que no han sido abiertos en la realidad al paso de vehículos (ver Figura 3). En el primer detalle presentado, aunque se refiere a un mapa callejero de buena calidad cartográfica, se ve claramente que faltan segmentos de vías por donde circulan vehículos en la Av. Diagonal así como también en algunos cruzamientos de calles importantes con la Av. Paralela. En el fragmento que se muestra en la Figura 3, próximo a la Plaça Francesc Macià, también faltan segmentos en la Av. Diagonal, sin embargo sobran aquellos que atraviesan el jardín central donde ese tipo de cruzamiento no existe.

Un aspecto esencialmente gráfico, pero que también influye en el tratamiento lógico de las direcciones, sobre todo en lo que se refiere a la numeración, son los famosos chaflanes de las esquinas de l'Exemple (el Ensanche), característicos del plan urbanístico de Idelfonso Cerdà. En estas esquinas la numeración de las calles que se interceptan generalmente comienza y termina en el medio del chaflán. En la Figura 2, por ser un detalle tomado del centro de l'Exemple, casi todas las manzanas muestran el característico corte angular. En la Figura 3, por estar situado justamente en el encuentro del Barrio de Les Corts con l'Exemple, definido por la Avenida Josep Tarradellas, en el lado oeste del mapa (que corresponde a Les Corts) no existen los chaflanes.

El barrio de Les Corts, donde el autor ha residido por un año, era un pequeño núcleo poblacional que fue conurbado con la aplicación en el siglo XIX del plan Cerdá. La mayor parte de los nombres de las originales de las calles fueron substituidos, y la numeración pasó a obedecer el sentido de crecimiento mar - montaña y poniente - levante.

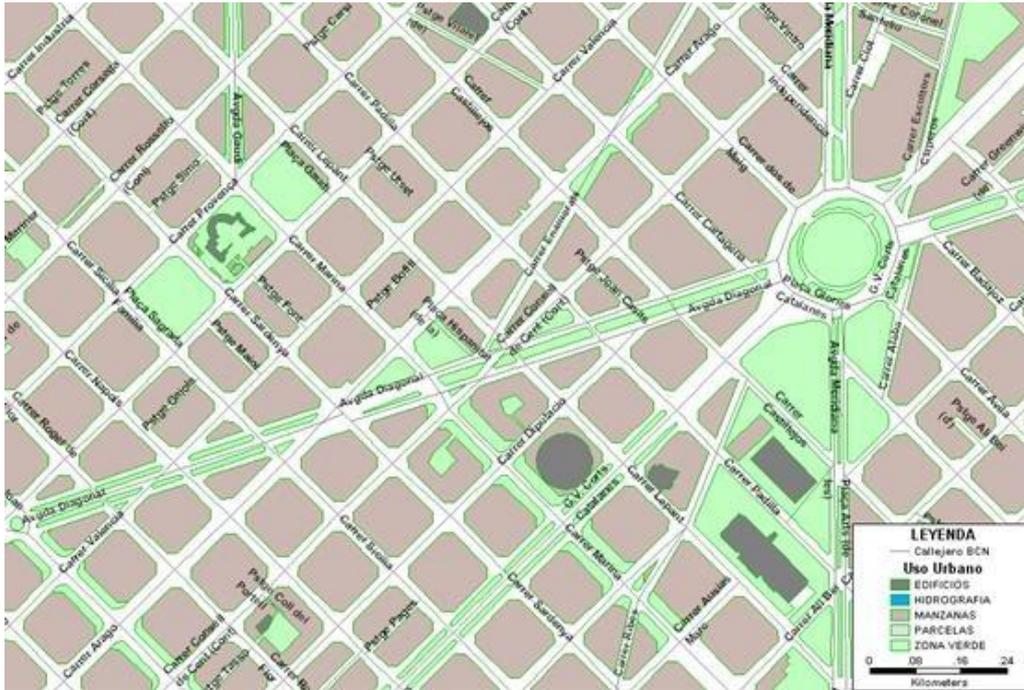


Figura 2. Detalle del mapa callejero de Barcelona en las cercanías de la Plaça de les Glories Catalans.

Otro aspecto que debe ser considerado en la forma de representación gráfica de un mapa callejero, es la toponimia, dedicada principalmente a la denominación de vías. En este tema también deben ser apreciados detalles como los tipos de letras, su tamaño y sobre todo, cuestiones relativas a la ortografía, si se utilizarán o no acentos, ya que generalmente se acostumbra a escribir todo en mayúsculas, así como el idioma en que se colocarán los nombres. Esto último adquiere principal relevancia en Barcelona, puesto que la lengua mas utilizada es el Catalán, sin embargo a veces sucede que los creadores de los mapas no son de ese origen por lo que emplean una mezcla de los dos idiomas (Catalán y Castellano), escribiendo los nombres en el primero y los tipos de las vías en el segundo, o viceversa.

Se considera que la mejor opción acaba siendo la de tener varias columnas, o sea campos de la base de datos de los atributos descriptivos de los ejes que componen el mapa callejero, con diferentes opciones de grafía, utilizando la denominación completa para colocar las etiquetas en el mapa y además, con las alternativas de todo mayúsculas, mayúsculas y minúsculas (de preferencia acentuadas), además de aquellas columnas indispensables para poder efectuar la geocodificación. Todavía, dependiendo de los objetivos finales, cual es el SIG que se va a utilizar y sobre todo cuanto se pretende gastar en la elaboración de la base cartográfica digital (mapa callejero), es posible incluir campos con el orden numérico de prioridad para que las etiquetas aparezcan, ancho real de las calles y también, una columna dedicada a colocar en abreviaturas aquellos nombres de vías que sobrepasen un limite previamente establecido. Algunos programas de SIG comerciales, permiten utilizar automáticamente el contenido de una columna así, como alternativa cuando aquella que contiene la denominación completa excede el límite lógico ya determinado.



Figura 3. Detalle del mapa callejero de Barcelona en las cercanías de la Plaça Francesc Macià.

Consideraciones finales

Se presentaron las principales diferencias así como algunas particularidades de las dos metrópolis, São Paulo y Barcelona, en cuanto a las posibilidades de aplicación práctica de la geocodificación y de algunos de sus productos derivados. Sobre las diferencias, la más relevante es la magnitud, que influye directamente en la cantidad de calles presentes en una u otra ciudad, mismo que se restrinja el universo de análisis exclusivamente al territorio municipal, sin entrar en el área metropolitana. Al comparar la cantidad de vías de Barcelona con las de São Paulo, esa diferencia es muy grande, todas las vías de Barcelona representan apenas el 9,48 % de las de São Paulo, si se consideran las vías clasificadas según su tipo (ver la Tabla 2). Sin embargo, al comparar el total de segmentos, esta va para 13,09 %, y si se incluyen únicamente aquellas vías de São Paulo que tienen nombre, entonces se remonta al 15,16 %, lo que se aproxima más a la proporción poblacional de 14,58 % existente en el año 2005 entre las dos capitales.

Las implicaciones más notables de esta diferencia apuntan hacia el gran número de calles homónimas que existen en São Paulo, lo que obliga a utilizar intensamente el recurso de eliminar duplicados mediante el empleo de referencias espaciales restrictivas, como el código postal. Esto no sucede en Barcelona, por lo menos si se incluye en la búsqueda el tipo de vía, es posible encontrar cualquier dirección en la ciudad aunque que no se conozca su código postal ni el barrio donde está localizado.

Barcelona		São Paulo	
Vías sin Tipo	3.956	Vías sin Tipo	43.611
Vías con Tipo	4.287	Vías con Tipo	45.237
Total de Segmentos	25.993	Total de Segmentos	198.507
Sin nombre	0	Sin nombre	27.008

Tabla 2. Muestra las estadísticas de vías con nombres diferentes en las dos ciudades estudiadas. La cantidad de segmentos sin nombre que existen en São Paulo indica la dinámica de creación de calles nuevas en esa ciudad y al mismo tiempo la lentitud de los procedimientos burocráticos de denominación unidos a la dificultad de mantener actualizados los mapas callejeros.

Otra discrepancia apreciable, es aquella de la diferente forma de organizar los números de los inmuebles, lo que en São Paulo es aproximadamente coincidente con la distancia en metros recorrida desde el punto inicial de la vía, en Barcelona obedece a los códigos catastrales. Esta característica, aparentemente, no tiene ninguna implicación sobre la agilidad ni sobre la calidad o eficiencia del proceso de geocodificación.

Se han explicado las características fundamentales del recurso de la Geocodificación, como parte integrante de las relativamente recientes Tecnologías de la Información Geográfica, ofreciendo detalles de como se utiliza este recurso técnico y cuales son los requisitos para poder implementarlo, lo que en la opinión del autor, contribuye positivamente al desarrollo de la Geografía Urbana contemporánea. La idea de pormenorizar los requerimientos principales para lograrlo, se debe a que de hecho esas particularidades no se especifican corrientemente en la literatura. Quizá por un cierto rechazo que las TIG provocan en los especialistas en Geografía Humana, y también porque los "iniciados" en los Sistemas de Información Geográfica se inclinan más hacia el uso de los sistemas raster

o matriciales, donde por causa del ambiente gráfico discreto no es posible realizar el proceso de geocodificación ni tampoco el análisis de rutas de transporte sobre redes vectoriales.

BIBLIOGRAFIA

Rodríguez Espinosa, V. M. (2004): "Evaluación del sistema de recogida de RSU. Localización de contenedores de RSU en Alcalá de Henares, España". En: Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez (Coordinadores): Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos. RA-MA Editorial. Madrid. España.

U. S. Census Bureau (2007). Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing system (<http://www.centrodametropole.org.br/>). Consultado en 07/01/2007.

Notas

1. Consecuentemente, el proceso de geocodificación propiamente dicho es exclusivo de los SIG vectoriales, o sea aquellos que se rigen por ese modelo de datos tratando espacios continuos y no discretos como los que siguen el modelo de datos gráfico "raster".
2. O un código similar, por ejemplo 0, 1 y 2, que significa lo mismo, esto depende únicamente del patrón adoptado por el fabricante del programa de geocodificación utilizado. Algunos, prefieren inclusive, almacenar el ángulo real que el vector de dirección indica, o sea el azimut expresado en grados.
3. En el ejemplo utilizado este nombre de campo (y todos los que siguen), es reservado y obligatorio a los efectos de la geocodificación. Existen SIG con módulos de geocodificación donde los campos necesarios son seleccionados por el usuario indicando directamente en la tabla de atributos, es decir que permiten nombres variables.