

Ana Laura MORAIS

UN MODELO INTEGRADO DE USOS DEL SUELO Y TRANSPORTE PARA LA PLANIFICACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD

ARTÍCULOS

RESUMEN

La utilización de un modelo de uso del suelo y transporte para la planificación del servicio de electricidad obedeció a la coincidencia entre la preocupación de la C.A. La Electricidad de Caracas por modernizar ese proceso, y el interés del Instituto de Urbanismo por continuar las investigaciones en la línea de la modelación integrada de los usos del suelo y transporte, lo cual cristalizó en el estudio "Estimación de la demanda de electricidad a largo plazo en el área metropolitana de Caracas" (Insurbeca, C.A.-La Electricidad de Caracas, 1996).

Dado que ese trabajo constituyó una aplicación no tradicional de ese tipo de herramientas, el objetivo del presente artículo es explicar esta experiencia en términos del por qué se selecciona un modelo de esas características, del significado de esos instrumentos en la evolución de la modelación urbana y de las implicaciones de su aplicación a los fines de la planificación eléctrica, con lo cual se aspira a evidenciar que este tipo de modelos se sitúan en la vanguardia de la modelación urbana actual y que pueden ser de gran utilidad en ámbitos distintos a los de la planificación urbana y del transporte.

PALABRAS CLAVE: MODELOS INTEGRADOS DE USOS DEL SUELO Y TRANSPORTE, MODELOS URBANOS, PLANIFICACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD, ESTIMACIÓN DEMANDA ELÉCTRICA, TRANUS®.

ABSTRACT

The application of an Integrated Land Use and Transport model in the planning of electrical services was the result of the coincidence between the need of the C.A. La Electricidad de Caracas to improve the above mentioned process and the interest of the Instituto de Urbanismo to further research in integrated land use and transport modelling. This converged in the project for a long run electricity demand forecast for the Caracas Metropolitan Area named "Estimación de la demanda de electricidad a largo plazo en el área metropolitana de Caracas" (Insurbeca, C.A.-La Electricidad de Caracas, 1996).

Acknowledging that this project was a non-traditional application of this kind of model, the goal of this paper is to explain this experience in terms of why we chose this type of model, what is its importance in the urban modelling evolution and what involves their application in the electric planning context. With this, we hope to put in evidence that this type of model is at the for front of the current urban modelling and can be of great utility in areas other than urban and transportation planning.

INTRODUCCIÓN

La modelación integrada de los usos del suelo y transporte surge de reconocer la indisociable relación entre el sistema de actividades urbano y el de transporte y es el resultado de la convergencia tanto de enfoques teóricos sobre la estructura urbana como de la práctica de la planificación, proceso que se inicia a nivel mundial a mediados de los años setenta.

El Instituto de Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela inicia en 1974 la investigación en torno a esta línea mediante un convenio con la Universidad de Cambridge. Con trabajos tanto de investigación¹ como de extensión,² se ha logrado consolidar una experiencia en esta área que ha trascendido el ámbito natural de la planificación urbana y del transporte y ha permitido pensar en aplicaciones no convencionales de este tipo de herramientas, como es el caso del estudio que da origen a este artículo "Estimación de la demanda de electricidad a largo plazo en el área metropolitana de Caracas" (Insurbeca, C.A.-La Electricidad de Caracas, 1996).

Ese trabajo tuvo como objetivo ensayar la utilización de un modelo integrado de usos del suelo y transporte en sustitución de los modelos urbanos que utiliza la C.A. La Electricidad de Caracas en el proceso de estimación de demanda eléctrica, basados en el uso de la tierra, que si bien son atractivos por su sencillez, presentan limitaciones para explicar y predecir los fenómenos urbanos, sobre todo en sistemas complejos.

1/ Instituto de Urbanismo-Conicit, 1960.
 Instituto de Urbanismo-Conicit, 1962.
 Instituto de Urbanismo-CDCH, 1962.
 Instituto de Urbanismo-Conicit-C.A. Metro de Caracas, 1967.
 Instituto de Urbanismo-Mindur, 1969.

2/ Insurbeca, C.A.-Inteplan Consult C.A.-MTC, 1992.
 Consorcio OITGMA, SRL-Insurbeca C.A.-Desarrollos URDIS C.A.-
 LERC Consultores; C.A. Metro de Caracas, 1994.
 Instituto de Urbanismo-Mindur, 1994.
 Insurbeca C.A.-Alcaldía del Municipio Libertador, 1996.

Dado que ésta es la primera vez que se utiliza un modelo de estas características en la planificación del servicio de electricidad, el propósito de este artículo es explicar esta experiencia en términos del por qué se experimenta con un modelo de este tipo, el significado de estos instrumentos en la evolución de la modelación urbana y las implicaciones de su aplicación a los fines de la planificación eléctrica.

¿POR QUÉ UN MODELO INTEGRADO DE USOS DEL SUELO Y TRANSPORTE PARA LA PLANIFICACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD?

Dentro de la planificación del servicio eléctrico, la planificación del sistema de distribución de electricidad constituye uno de los aspectos estratégicos, pues este sistema es el responsable de llevar la energía a quienes la utilizan finalmente. En tal sentido, la estimación de la demanda futura de electricidad constituye una de las actividades determinantes en ese proceso.

Las variaciones en la demanda eléctrica suceden fundamentalmente por dos causas que pueden ocurrir aisladamente o en conjunto: cambios en el número de suscriptores (usuarios de electricidad: residenciales, comerciales e industriales) o cambios en el uso de la energía por suscriptor.

Los cambios en el número de suscriptores están directamente relacionados con el desarrollo urbano, pues son

el resultado de la dinámica urbana tanto en términos de la magnitud de actividades de la ciudad, como de la localización de las mismas. Los procesos de densificación, por ejemplo, se traducen generalmente en aumentos de demanda. Las variaciones de este tipo, por lo tanto, presentan dimensión espacial y temporal que es importante considerar en las estimaciones.

Los cambios en el uso de la energía por suscriptor no tienen dimensión espacial y su dimensión temporal no está vinculada con el desarrollo urbano, ya que son atribuibles a modificaciones en el patrón de utilización de los equipos eléctricos y a transformaciones tecnológicas de los mismos. En el proceso de planificación del sistema de distribución de electricidad, sobre todo en el largo plazo, interesa manejar simultáneamente las dos causas de las variaciones de la demanda antes mencionadas. En consecuencia, los métodos para la estimación espacial de la demanda eléctrica están conformados por un modelo urbano y un modelo de carga. El modelo urbano predice los cambios en el número y localización de los suscriptores y el segundo estima los cambios en el uso de la energía por suscriptor (Leonardi, 1995).

Los modelos urbanos utilizados tradicionalmente en la estimación de la demanda eléctrica son modelos basados fundamentalmente en el uso de la tierra (diferentes tipos de tierra residencial, comercial e industrial) y suelen estar conformados por un modelo de demanda para determinar a nivel global la demanda futura de tierra urbana y un modelo

de oferta que localiza ese crecimiento, en función de la disponibilidad de tierra y de las preferencias de los suscriptores, expresadas éstas en índices que incorporan el efecto de otras variables urbanas³ en forma bastante simplificada.

La C.A. La Electricidad de Caracas ha venido utilizando para las estimaciones del uso de la tierra, el método de los estudios de saturación, basado en las regulaciones urbanísticas (ordenanzas de zonificación), el cual permite proyectar el potencial de desarrollo urbano máximo de las diferentes zonas en las que se haya dividido el área en estudio. El uso del suelo futuro se convierte luego a carga eléctrica mediante la aplicación de índices de demanda expresados en KVA/ha. Las estimaciones así obtenidas son atemporales pues se basan en el máximo desarrollo permitido por la normativa vigente, y no en la dinámica urbana.

Para la incorporación de la variable tiempo, la C.A. La Electricidad de Caracas ha experimentado con modelos que temporizan la ocupación del suelo, la espacializan tomando en cuenta las "áreas vacantes" y finalmente traducen los resultados a demanda eléctrica.

Sin embargo, el depender fundamentalmente del uso del suelo como variable urbana asociada a la demanda eléctrica ocasiona muchas dificultades, sobre todo si la información sobre el comportamiento temporal de esta variable es incompleta y difícil de obtener, como en el caso venezolano.

3/ Normalmente se incluyen aspectos como proximidad de áreas habitadas por el mismo tipo de suscriptor, distancia a áreas comerciales e industrial, disponibilidad de servicios, costo de transporte y costo de la tierra.

Por otro lado, aun cuando la ocupación de la tierra es un resultado del comportamiento de las actividades urbanas, son éstas, en términos de suscriptores, quienes utilizan la electricidad y estos suscriptores son población y empleo localizados. Esto plantea, en consecuencia, el interés en trabajar con un modelo urbano donde ésas sean las variables clave que definan el sistema urbano y con el cual se pueda simular el crecimiento y localización de las mismas.

Como se detalla en la próxima sección, en el estado del arte de la modelación urbana, representar adecuadamente los fenómenos de crecimiento y localización de las actividades urbanas implica por un lado, reconocer la relación usos del suelo/ transporte y por otro, simularla en forma integrada, para lo cual se requiere incluir el sistema de transporte en forma explícita.

De hecho, a nivel mundial, tanto en el ámbito académico como en el de la planificación, se ha acentuado el interés por la modelación integrada de usos del suelo y transporte, pues la posibilidad que brindan estos modelos de incluir en la definición del sistema urbano los distintos subsistemas que lo conforman, permite considerarlos como los instrumentos idóneos para estimar tanto los efectos ambientales del funcionamiento de esos subsistemas (consumo de espacio y energía, contaminación atmosférica y sónica) como la influencia de la calidad ambiental sobre las decisiones de localización de las actividades (Wegener, 1994).

En conclusión, el proponer un modelo integrado de usos del suelo y transporte como el modelo urbano para la estimación de demanda eléctrica es el resultado de la conjugación del interés del Instituto de Urbanismo por profundizar las investigaciones en modelación integrada de los usos del suelo y transporte con el de la C.A. La Electricidad de Caracas por mejorar su proceso de planificación.

Este planteamiento indudablemente agrega complejidades metodológicas a las inherentes a la modelación del sistema eléctrico en sí mismo, sin embargo se ha considerado que el reto vale la pena en la medida en que puede permitir aproximaciones más realistas tanto para la actual planificación eléctrica como para los futuros desarrollos en la modelación de sistemas urbanos.

El modelo integrado de usos del suelo y transporte utilizado en el estudio objeto de este artículo es el sistema TRANUS. Esta herramienta es el resultado del trabajo iniciado por Tomás de la Barra y un grupo de investigadores del Instituto de Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela a partir de 1976.

El Instituto de Urbanismo y el equipo que ha continuado desarrollando el modelo⁴ mantienen una estrecha relación teórico-práctica. El modelo, en sus diferentes versiones, ha sido utilizado en varios proyectos, lo que ha contribuido significativamente a su constante actualización tanto teórica como computacional.

4/ Modelística C. A. (Tomás de la Barra, Beatriz Pérez y Juancarlo Añez).

En 1996 se da inicio a una nueva investigación tendente a mejorar la simulación del mercado inmobiliario en el submodelo de localización de actividades.⁵

Para un mayor entendimiento del significado del modelo TRANUS, en el contexto de la modelación urbana actual, se presenta a continuación una visión sintética de la evolución y características de los modelos urbanos en general y de la integración usos del suelo/transporte.

LOS MODELOS INTEGRADOS DE USOS DEL SUELO Y TRANSPORTE EN LA EVOLUCIÓN DE LA MODELACIÓN URBANA⁶

Los modelos integrados de usos del suelo y transporte representan un enfoque de la modelación de los sistemas urbanos que responde al reconocimiento de la relación causal y circular entre la localización de las actividades urbanas y el desempeño del sistema de transporte.

La modelación de los sistemas urbanos, como señala Anas (1982), se ha desarrollado fundamentalmente bajo tres subdisciplinas de la planificación urbana: la economía urbana, la planificación del transporte y la simulación urbana, las cuales han seguido caminos bastante separados, a pesar de los nexos evidentes entre ellos.

Mientras los economistas urbanos han centrado su preocupación en la proposición de modelos fuertemente

respaldados por una teoría formal de la estructura urbana, los profesionales de la planificación del transporte y de las simulaciones urbanas han dirigido sus esfuerzos en el desarrollo de instrumentos que faciliten la toma de decisiones, de una forma fundamentalmente empírica. La convergencia entre estas disciplinas ha venido sucediendo en el tiempo, a medida que la teoría y la práctica han evolucionado, y la modelación integrada de los usos del suelo y transporte es la expresión de este proceso.

Los modelos desarrollados en el marco de la economía urbana se fundamentan en la teoría microeconómica, y en términos generales representan al sistema urbano como un mercado, donde todos los agentes (familias, empresas, terratenientes y empleados) compiten por tierra, procurando maximizar sus utilidades, sujeto a ciertas restricciones. Una vez alcanzado el equilibrio de ese mercado, toda la tierra es asignada resultando de ese proceso las rentas del suelo.

Los orígenes de la economía urbana se remontan al siglo pasado a partir de los trabajos sobre la renta de la tierra agrícola, desarrollados por David Ricardo en 1817 y Von Thünen en 1826. Como señala Martínez (1991), los planteamientos de Von Thünen, referentes al mecanismo de subasta (*bid-auction*) en el mercado de tierra constituyeron la base para el desarrollo en el presente siglo de las teorías sobre el valor de la tierra urbana.

5/ "Simulación de los mercados inmobiliarios en un modelo integrado de usos del suelo y transporte". Investigación en curso financiada por el CDCH y coordinada por la profesora Marta Vallmitjana.

6/ Esta sección constituye un avance de la revisión crítica de los enfoques teóricos realizada por el autor para el proyecto de investigación, *ibidem*.

La escuela microeconómica heredera⁷ de estos conceptos inició, a través de los trabajos de Wingo (1961) y Alonso (1964) sobre localización residencial,⁸ el planteamiento de una sólida explicación para los procesos de localización de las actividades y formación de rentas. Siguiendo esta tradición, otros economistas urbanos han postulado diferentes modelos de la estructura espacial urbana basados en equilibrio parcial y general, los cuales han ido incorporando complejidad a los modelos originales.

Especialmente importantes resultan, por un lado, el trabajo de Mills, que en 1972 desarrolla un modelo de equilibrio general, formulado en programación lineal y que constituye una aplicación al caso urbano de la teoría de la producción y, por otro, la teoría de los precios hedónicos presentada por Rosen (1974), cuyo aspecto más importante es el énfasis en el concepto de la descripción "multiatributos" de la tierra y las viviendas (Martínez, 1991).

Como apunta de la Barra (1989), el enfoque microeconómico ha sido fuertemente criticado en sus supuestos básicos, con argumentos que sostienen que las imperfecciones existentes en la realidad distorsionan completamente el equilibrio de mercado. A pesar de esto, el hecho de contar con un cuerpo de proposiciones teóricas fuertemente estructurado ha constituido una razón poderosa para su continua utilización, y porque indudablemente provee explicaciones interesantes y convincentes sobre los mecanismos de mercado.

7/ Es importante aclarar que Von Thünen no pertenece a la escuela microeconómica, ya que su interpretación de la renta de la tierra es de la de un excedente que es transferido a los terratenientes como pago del usufructo de la misma (enfoque marxista).

8/ En la teoría de la localización residencial formulada por estos autores se plantea que la localización óptima es la resultante del equilibrio (*trade-off*) entre los costos de transporte y la renta, y donde el individuo procurará maximizar su utilidad sujeto a la restricción que impone su nivel de ingreso. Los modelos planteados utilizan una ciudad circular, con un solo centro de empleos.

Sin embargo, como señala el mismo autor, en el paso del plano teórico al real, este enfoque ha tropezado con dificultades referentes a la definición del espacio como variable continua,⁹ lo cual complejiza extraordinariamente los cálculos, sobre todo si se intenta incluir flujos de transporte o medidas de accesibilidad. Así mismo está presente el problema de agregación que supone modelar el comportamiento individual de todos los agentes que intervienen en el mercado de la tierra en la vida real: las curvas de demanda de tierra para cada individuo varían de acuerdo con la localización y es imposible saber cuáles curvas deben ser sumadas en el proceso de agregación.

En este sentido, los desarrollos más recientes en economía urbana apuntan a la superación de estos problemas, fundamentalmente, como se detalla más adelante, por la incorporación de la teoría de la utilidad aleatoria.

Con respecto a los modelos planteados bajo las subdisciplinas de la planificación de transporte y la simulación urbana, su construcción, como ya se mencionó, obedece fundamentalmente al propósito de dar respuestas a los problemas de planificación.

En el caso de la planificación de transporte, cuyo punto de partida se puede situar en los Estados Unidos de los años 50, en plena explosión demográfica de postguerra y violento crecimiento de la propiedad vehicular, los modelos vienen a significar la herramienta de análisis para los planes de

9/ Herbert and Stevens (1960) intentan manejar el espacio en forma discreta dentro de un modelo de localización tipo Alonso formulado en programación matemática, que luego tuvo extensiones planteadas con soluciones algorítmicas. Sin embargo, estos esfuerzos pioneros tropezaron con las limitaciones computacionales de la época, dificultando las aplicaciones reales exitosas.

inversión en infraestructura de transporte, por lo que su función primordial es estimar y espacializar la demanda de transporte, donde este último aspecto es el que genera mayor desarrollo modelístico.

Espacializar la demanda de transporte implica estimar las interacciones entre zonas, para lo cual los modelos originales partieron de una analogía con fenómenos físicos, concretamente con la Ley de Gravitación Universal, por lo que se denominaron inicialmente modelos gravitacionales. El planteamiento en términos generales establece que las interacciones entre un par de zonas son directamente proporcionales al tamaño de las mismas e inversamente proporcionales a la distancia entre ellas.

Para simplificar los cálculos y utilizar eficientemente los datos disponibles, estos modelos, al contrario de los microeconómicos, utilizan una representación discreta tanto del espacio urbano, como de las actividades que definen el sistema. Las ciudades se dividen en zonas y las actividades se agrupan en categorías homogéneas.

Se generan así instrumentos relativamente fáciles de utilizar y, en consecuencia, muy populares, cuya aplicación empieza a trascender la planificación del transporte, a pesar de su escasa base teórica, fuertemente criticada. Surge así, en los sesenta, la subdisciplina de los modelos de simulación urbana, con el primer modelo operacional de la estructura espacial urbana desarrollado por Lowry (1964).

Este trabajo constituye un hito en la modelación urbana, por cuanto procura dar una explicación más comprensiva de la estructura urbana simulando las interacciones entre las actividades en términos espaciales y económicos. El modelo, mediante un proceso iterativo, estima y localiza población y empleo de servicios y comercio a partir de empleo básico localizado (exógeno al modelo). La relación entre el empleo

básico y las otras actividades se expresa a través de un multiplicador análogo al de base económica. La distribución espacial de las actividades se realiza con un modelo gravitacional, donde el factor de fricción es la distancia entre zonas.

El modelo gravitacional evoluciona en su formulación y cobra mayor consistencia y flexibilidad con los trabajos de Wilson en 1967. Este autor deriva las ecuaciones de gravedad utilizando el método de la maximización de la entropía, con el que estima la matriz de interacción que tiene más probabilidad de ocurrir. Martínez (1991) señala que éste "es de hecho un método de maximización de la probabilidad". Los modelos de maximización de la entropía han sido extensivamente aplicados tanto en los modelos de transporte, como en modelos de simulación de la localización de actividades, incorporando a su formulación otras variables económicas además del costo de transporte.

En la tradición del modelo de Lowry, se desarrolla toda una línea de investigación en simulación urbana, que se inicia en el Martin Centre de la Universidad de Cambridge en Inglaterra. Uno de los primeros aportes lo constituye el modelo Simple Estático de Cambridge planteado por Crowther y Echenique en 1972, que incorpora un submodelo de superficie construida al modelo de localización.

Dado que este tipo de modelos provee los flujos interzonales resultantes de la interacción de las actividades, surge lógicamente la búsqueda de la integración con los modelos de planificación del transporte, proceso en el que fueron claves las contribuciones de la Barra *et al.* (1975), Echenique y de la Barra (1977), Macgill (1977), Putman (1975) y Mackett (1976), entre otros. Para esa misma época, de la Barra y un grupo de investigadores del Instituto de Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, desarrollaban bajo líneas similares un modelo integrado de

usos del suelo y transporte aplicado a Caracas (Instituto de Urbanismo-Conicit, 1980). Estos primeros modelos utilizaron extensiones de modelos de maximización de la entropía con modelos insumo-producto.

Paralelamente, los trabajos de Domenich y MacFadden (1975) y Williams (1977a; b) dan lugar a la teoría de decisiones y utilidad aleatoria, que fortalecen la base de conexión provista por Wilson, entre la teoría microeconómica, los conceptos probabilísticos y la representación discreta de fenómenos urbanos.

En estos desarrollos, a la par de reconocer la racionalidad de los individuos en la toma de decisiones, se plantea la existencia de infinidad de factores que inducen a variaciones en la percepción de la utilidad tanto a nivel individual, como de grupos y que estas variaciones son mayores a medida que los niveles de agregación aumenten. En consecuencia proponen la inclusión en la función de utilidad de los individuos, de un elemento aleatorio que represente esta variabilidad y estudian diferentes modelos de selección probabilística, entre los cuales el más flexible y utilizado es el multinomial logit.

A partir de ese momento, la gran mayoría de los modelos que se desarrollan bajo las tres subdisciplinas empiezan a incorporar en sus formulaciones los modelos multinomiales logit. Esto ha permitido que los planteamientos recientes en economía urbana ganen operatividad, a la par que ha facilitado la consideración de las interpretaciones económicas en los modelos de simulación urbana y en los de planificación del transporte.

Sin embargo, desde los ochenta, la evolución del desarrollo teórico en modelación urbana ha declinado y, en tal sentido, la gran mayoría de los modelos operacionales existentes se asientan fundamentalmente en

los planteamientos hechos hasta esa época y a lo sumo en combinaciones de los mismos.

En contrapartida, aun cuando prevalecen muchos problemas teóricos por resolver, ha surgido en los últimos años un gran desarrollo en Sistemas de Información Geográfica (SIG), que ha contribuido y, a su vez, se ha visto estimulado por lo que, consideran autores como Wegener (1994; 1995), es el interés de la modelación urbana actual: búsqueda de más operatividad, mayor desagregación, mejores técnicas de calibración y mayor comprensividad.

En este último particular, cada vez es más notoria la preocupación por la interacción usos del suelo/transporte, observándose en la actualidad tres grandes corrientes en el manejo de la integración entre ambos sistemas, las cuales, sin embargo, no deben entenderse como compartimientos estancos:

- Modelos de uno de los sistemas, que incorporan como insumo variables generadas por modelos del otro sistema, independiente del enfoque teórico de cada uno: modelos de localización de actividades que incorporan el efecto de la accesibilidad, a través de indicadores producidos por cualquier modelo de transporte y modelos de transporte que utilizan como insumos la localización de actividades expresada vectorialmente, generada por cualquier modelo de usos del suelo. En estos modelos, la integración usos del suelo y transporte es incompleta, ya que no hay garantía que la distribución de viajes sea coincidente con la localización de actividades.

Ejemplos en esta categoría (Wegener, 1995) lo constituyen, entre otros, los modelos de localización de actividades METROPILUS (Putman, 1995), CUFM¹⁰ y RURBAN¹¹, así como modelos de transporte muy conocidos como MOTORS¹² y TRIPS¹³, entre otros.

- Modelos que abordan en forma conjunta ambos sistemas, en la búsqueda del equilibrio general, según la tradición de los modelos microeconómicos y considerando el sistema de transporte explícitamente. A tal fin recurren en general a la programación matemática, aun cuando se manifiesta últimamente la tendencia a plantear soluciones algorítmicas. Este tipo de modelos, si bien son apreciados por su consistencia teórica, siguen teniendo limitaciones en cuanto a su operatividad, fundamentalmente por las complejidades computacionales que implican.

Como desarrollos recientes en esta corriente se destacan el modelo LUT, de equilibrio simultáneo entre la localización de actividades y el sistema de transporte propuesto por Martínez (1991; 1992b), el cual incorpora como modelo de localización el Bid-Choice model (unificación de la teorías de Alonso con utilidad aleatoria) planteado por el mismo autor (Martínez, 1991; 1992a), así como el modelo de equilibrio general de los usos del suelo, con congestión y generación endógena de aglomeraciones, planteado por Anas y Kim (1995), el cual introduce a la formulación de optimización modelos de utilidad aleatoria e insumo-producto.

- Modelos que manejan en forma integrada la interacción entre ambos sistemas: la accesibilidad influye en la localización de actividades y el resultado de esta localización, en términos de flujos funcionales, es insumo

10/ California Urban Futures Model presentado por Landis en 1994.

11/ Random-Utility Urban Model para Yokohama Japón presentado por Miyamoto y Kitazume en 1969.

12/ Desarrollado y comercializado por Urban Planning Associates, California, EE UU.

13/ Desarrollado y comercializado por MVA Consultancy, Londres, Inglaterra.

del modelo de transporte, lo que significa que la distribución de viajes viene dada del modelo de usos del suelo.

Estos modelos, que corresponden a la línea de investigación iniciada en el Martin Centre y explicada en párrafos anteriores, en general manejan un enfoque teórico común para la simulación tanto del sistema urbano como del transporte: teoría de decisiones y utilidad aleatoria. Son modelos muy operativos, donde el sistema de transporte se aborda explícitamente. Entre los modelos más conocidos dentro de esta corriente se destacan LILT (Mackett, 1990), ITLUP (Putman, 1991), MEPLAN (Echenique *et al.*, 1990) y TRANUS (de la Barra, 1989, 1994 a, b).

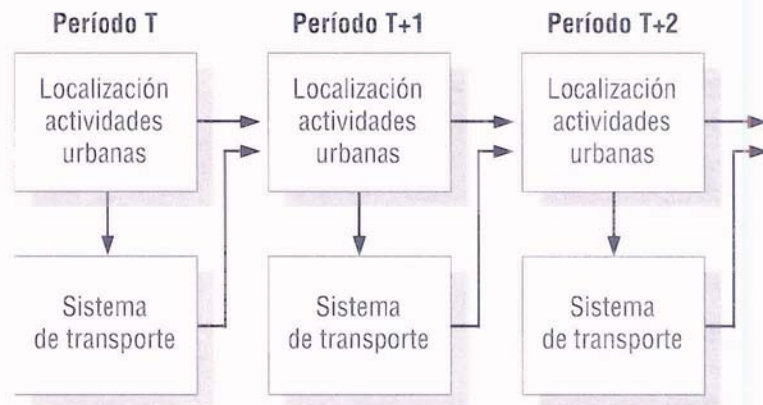
Los modelos de esta última corriente representan, por los aspectos antes citados, la conciliación de las diversas preocupaciones de la modelación urbana actual apuntadas por Wegener, siendo TRANUS[®] y MEPLAN, según este investigador, los únicos modelos que en la actualidad pueden considerar todos los subsistemas¹⁴ del sistema urbano (Wegener, 1995).

En ambos casos, su operatividad se manifiesta por la disponibilidad de versiones comerciales; por otro lado, están en capacidad de manejar altos niveles de desagregación en función de la data disponible.

TRANUS[®], como ya se mencionó, fue el modelo utilizado en el estudio en que se basa este artículo, y dado que tuvo sus

14/ Wegener (1995) a los fines de catalogar el nivel de comprensividad de los modelos define nueve tipos de subsistemas urbanos: redes, usos del suelo, edificaciones para el trabajo, edificaciones para vivienda, empleo, población, transporte de personas, transporte de bienes y ambiente. Los primeros ocho interactúan entre sí y todos ellos afectan al ambiente en cuanto a los requerimientos de energía y consumo de espacio y produciendo contaminación.

GRÁFICO 1
RELACIONES DINÁMICAS
ENTRE LA LOCALIZACIÓN
DE LAS ACTIVIDADES
URBANAS Y EL SISTEMA
DE TRANSPORTE



Fuente: de la Barra (1989). Elaboración propia.

orígenes en las investigaciones que desarrolla el Instituto de Urbanismo desde los años setenta, es la herramienta de simulación urbana utilizada en esta institución.

Sus puntos de coincidencia con el citado MEPLAN son múltiples, y ambos se fundamentan y operan bajo el supuesto teórico, que se ilustra en el gráfico 1, donde la localización de las actividades en un territorio, en un período de tiempo determinado, está fuertemente condicionada por la accesibilidad resultante del desempeño del sistema de transporte en el período anterior, el cual depende de la demanda de transporte generada por la interpelación de las actividades localizadas en ese período.

Son por lo tanto modelos que están en capacidad de representar las relaciones dinámicas entre la localización de actividades y el sistema de transporte, y con los cuales es posible la simulación y evaluación de los efectos de políticas e inversiones socioeconómicas, de usos del suelo y de transporte tanto a escala urbana como regional. En ambos casos están conformados por dos bloques de submodelos:

localización de actividades y transporte basados en la teoría de decisiones y utilidad aleatoria.

Los submodelos que conforman a TRANUS[®], incluyen mejoras con respecto a los de MEPLAN, concretamente tendientes a resolver los problemas tradicionales del modelo logit: selección de alternativas poco relevantes, percepción constante de las utilidades y tendencia de la función de costos compuestos (*log sum*) a hacerse negativa,¹⁵ lo que lo sitúa en la vanguardia del desarrollo teórico en modelación urbana.

Así mismo, las interfases para el manejo de la información, tanto de entrada como de los resultados, son más amigables en el caso del modelo TRANUS[®], lo que facilita su utilización y además ayuda a la visualización y entendimiento de los procesos.

Este modelo, por lo tanto, no sólo constituye una herramienta de avanzada en el estado del arte de la modelación urbana, sino que además minimiza el "síndrome de la caja negra" tan criticado en la mayoría de los modelos.

Los ámbitos de aplicación tradicional de este instrumento han sido la planificación tanto urbana como de transporte. Su utilización para la planificación del servicio de electricidad constituye una experiencia novedosa,¹⁶ cuyas implicaciones se abordan en la siguiente sección.

IMPLICACIONES DE LA UTILIZACIÓN DE UN MODELO INTEGRADO DE USOS DEL SUELO Y TRANSPORTE EN LA PLANIFICACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD

El estudio "Estimación de la demanda de electricidad de largo plazo en el área metropolitana de Caracas" tuvo doble propósito: por un lado, como el título indica, se pretendía estimar demanda eléctrica, por otro lado, interesaba ensayar la utilización de un modelo integrado de usos del suelo y transporte como modelo urbano para la estimación de la demanda eléctrica estableciendo la factibilidad de integrarlo con un modelo de carga.

Este segundo propósito le imprime un carácter de experimentalidad al trabajo que, en el ámbito de la planificación del servicio eléctrico, se tradujo en requerimientos no tradicionales tanto en lo referente a la formación del equipo profesional, como en los aspectos metodológicos.

EL EQUIPO PROFESIONAL

El equipo técnico necesario para abordar un trabajo de la naturaleza del planteado tiene que estar conformado

por profesionales de dos especialidades que comúnmente no están interrelacionadas: planificadores urbanos expertos en modelación integrada de usos del suelo y transporte y planificadores eléctricos expertos en estimaciones de demanda eléctrica.

Esta particularidad, en un contexto donde la discusión y toma de decisiones para la compatibilización metodológica es clave, implica que deben preverse los mecanismos para acercar estos dos mundos del conocimiento, de manera que cada tipo de profesional conozca las peculiaridades, métodos y técnicas de la otra especialidad.

Esos mecanismos, en el caso del estudio realizado, deberían garantizar más que un conocimiento general, el dominio por parte del equipo de la C.A. La Electricidad de Caracas (EDC)¹⁷ en el manejo del instrumento de simulación urbana, pues de ser exitosa la experiencia, el modelo pasaría a formar parte de las herramientas de análisis que utiliza esa institución para la planificación del servicio eléctrico.

Esto implicó el desarrollo en paralelo con el curso del trabajo, de un intenso proceso de capacitación para el equipo de la EDC, en estructura urbana y modelación integrada de usos del suelo y transporte.¹⁸ A la vez, aunque de forma menos sistemática, el equipo del Instituto de Urbanismo (IU)¹⁹ tuvo que familiarizarse con las especificidades del servicio eléctrico y de la estimación de demanda.

15/ Para mayores detalles puede consultarse de la Barra (1994b).

16/ A finales de los ochenta se utilizó el modelo en Inglaterra para un estudio teórico cuyo objetivo era comparar los consumos energéticos de diferentes estrategias de ocupación espacial en una ciudad inglesa arquetípica (Rickaby y de la Barra, 1988).

17/ Ing. Aida Angulo (Coordinadora), Ing. Lisbeth Clavell, Ing. Víctor Moreno, Ing. Adriadne Serrano e Ing. Evaristo Leonardi.

18/ El equipo de la C.A. La Electricidad de Caracas participante en el estudio cursó dos materias de la XV Maestría en Planificación de Transporte del Instituto de Urbanismo (Estructura Urbana II y Taller I) y recibió además un curso teórico y otro práctico sobre el modelo TRANUS®.

19/ Urb. Ana Laura Morais (coordinadora), Arq. Marta Vallmitjana (Asesor a la coordinación), Arq. Elizabeth Beracasa, Analista de Sistemas Ángel Hernández, Urb. Gustavo Rivas, Urb. Rosaiba Salazar, Arq. María Elena Tineo y Br. Vickmer Torres. Asesores Externos: Arq. Tomás de la Barra y Arq. Beatriz Pérez.

Evidentemente, todo cambio metodológico supone en general procesos de capacitación. La C.A. La Electricidad de Caracas, en diferentes oportunidades, ha experimentado nuevas técnicas para la estimación de la demanda eléctrica, que han requerido esfuerzos de formación, incluso en materia urbanística.

Lo novedoso en este caso, es que el adiestramiento ha significado profundizar en la conceptualización y análisis del fenómeno urbano, así como en el conocimiento del mundo de la modelación urbana, lo que ha permitido ampliar el marco de referencia de los planificadores eléctricos involucrados en el estudio, trascendiendo incluso a la aplicación de la nueva herramienta de trabajo, pudiéndoseles considerar hoy día con un importante nivel de especialización en esta área.

A futuro, ese equipo técnico estará en la capacidad de abordar estudios de características similares con bajo nivel de dependencia de los especialistas en modelación urbana, lo cual compensa ampliamente los costos adicionales que involucró el proceso de capacitación.

IMPLICACIONES METODOLÓGICAS

Como ya fue mencionado, los modelos urbanos que en general se utilizan en la estimación de demanda eléctrica y en particular los aplicados en la C.A. La Electricidad de Caracas, se basan fundamentalmente en el uso de la tierra y, por lo tanto, los índices a partir de los que se deriva la demanda eléctrica están referidos a unidades de tierra: KVA/ha.

Para los planificadores eléctricos, la aplicación de un modelo integrado de usos del suelo y transporte en sustitución de ese tipo de modelos urbanos implica, en consecuencia:

- 1) Disponer de mayor y más diversa información sobre el sistema urbano actual y futuro.

- 2) Producir índices de demanda eléctrica expresados en las variables clave que considera el nuevo modelo urbano utilizado: población y empleo.

Con respecto a la información básica, se necesita contar, por un lado, con información referente al sistema de transporte, dado que éste se considera explícitamente. Por otro lado, se requiere información urbana adicional al uso de la tierra, sobre todo en cuanto a las variables población y empleo.

Además, toda esta información debe estar referida a una sectorización espacial tal, que se adecúe a la representación de un sistema urbano y sea apropiada también para la estimación de la demanda eléctrica.

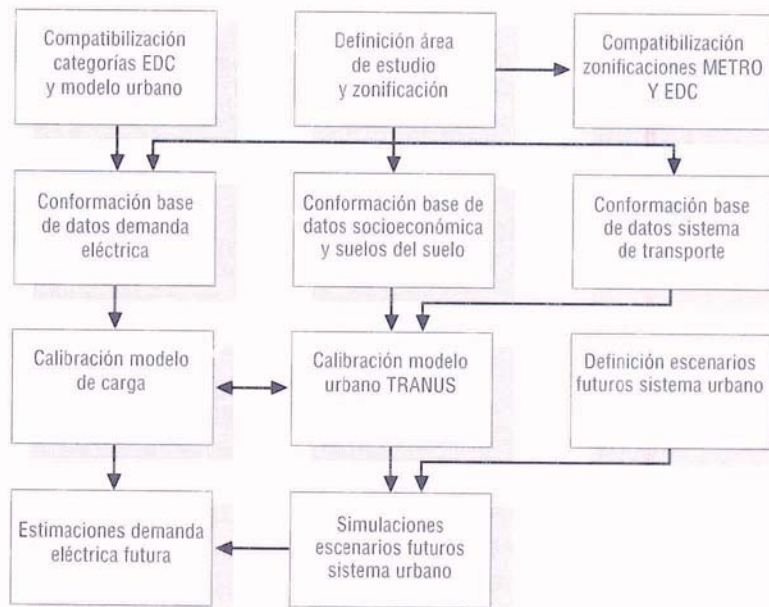
Para las estimaciones a futuro se requiere, adicionalmente a la información sobre políticas de desarrollo urbano, que también necesitan los modelos tradicionalmente aplicados, información prospectiva sobre el desarrollo económico y demográfico del sistema, así como de políticas y proyectos de transporte.

Para derivar los índices de demanda eléctrica expresados en población y empleo, KVA/habitante y KVA/empleado, se requiere plantear un modelo de carga que refleje las conductas de los usuarios en cuanto al uso final de los equipos, en sustitución del modelo de carga por clase de suelo.

En teoría, estos aspectos no tendrían que representar un problema mayor para una unidad de planificación, siempre que la información básica esté disponible. Pero la realidad evidencia que se han venido acentuando las deficiencias en la recolección, procesamiento y almacenamiento de información, por lo que la incorporación de nuevas variables puede significar, sobre todo en las primeras experiencias, un esfuerzo importante en recursos y tiempo.

GRÁFICO 2

**ESQUEMA
METODOLÓGICO DEL
ESTUDIO «ESTIMACIÓN
DE LA DEMANDA DE
ELECTRICIDAD A LARGO
PLAZO EN EL ÁREA
METROPOLITANA
DE CARACAS»**



Fuente: Insurbeca (1996). Elaboración propia.

En el trabajo realizado con la C.A. La Electricidad de Caracas, cuyo esquema metodológico en términos de actividades se presenta en el gráfico 2, se trabajó fundamentalmente con información disponible, pero proveniente de otros estudios con objetivos distintos a los de estimación de demanda eléctrica.

En consecuencia, la conformación de la base de datos tanto urbana (socioeconómica, usos del suelo y transporte) como de demanda eléctrica implicó un arduo proceso de compatibilización de las categorías de análisis y de las sectorizaciones espaciales existentes.

Por ejemplo, fue necesario establecer equivalencias entre las categorías de suscriptores a las que estaba referida la demanda eléctrica y las categorías socioeconómicas para

las simulaciones urbanas (población por niveles de ingreso y empleo por ramas de actividad económica). Asimismo tuvo que construirse una sectorización espacial para las simulaciones urbanas basada en la zonificación Metro 82²⁰ y absolutamente correspondiente con las microzonas de distribución a las que estaba referida la demanda eléctrica. Por otro lado, fue necesario adaptar toda la información sobre el sistema de transporte a la nueva sectorización urbana.

Para las proyecciones, dada la ausencia de pronunciamientos oficiales referentes tanto a lineamientos para el desarrollo futuro de la ciudad, como a las perspectivas económicas del país, se hizo necesario establecer escenarios de desarrollo urbano, demográfico y económico, así como seleccionar un conjunto de proyectos alternativos de transporte para la ciudad.

Para la estimación de los índices de demanda eléctrica se desarrolló un nuevo modelo de carga basado en "curvas de carga diarias según el uso final de los equipos" (cocción, iluminación, refrigeración de alimentos, etc.) (Insurbeca C.A., 1996, p. 15) para los suscriptores residenciales y comerciales, y en mediciones para los suscriptores industriales. El proceso correspondiente al establecimiento de este modelo se inició un año antes del estudio y fue objeto de un trabajo especial de grado (Leonardi, 1995).

IMPLICACIONES *VERSUS* RESULTADOS

A pesar de las implicaciones descritas, el trabajo pudo realizarse en los doce meses pautados, de los cuales aproximadamente la mitad, dadas las necesidades de compatibilización, se invirtió en las actividades de conformación de las bases de datos y calibraciones de los modelos (urbano y de carga), lo cual es razonable.

El estudio permitió demostrar la posibilidad de estimar demanda eléctrica a partir de las variables población y empleo, ya que la calibración del modelo de carga produjo resultados satisfactorios al compararse con la data observada. Los índices de demanda resultantes de la calibración son susceptibles de ser aplicados para las estimaciones a futuro, ya que, según la data histórica analizada (período 1985-1995), la demanda máxima promedio por suscriptor tiene un comportamiento bastante estable en el tiempo.

20/ La zonificación Metro 82 ha sido la utilizada en las encuestas Origen y Destino de Viajes realizada por C. A. Metro de Caracas en 1982 y la Encuesta Origen y Destino de Viajes Sureste 1992. La gran mayoría de los estudios urbanos y de transporte que se realizan para Caracas utilizan como punto de partida de sus sectorizaciones de análisis esta zonificación.

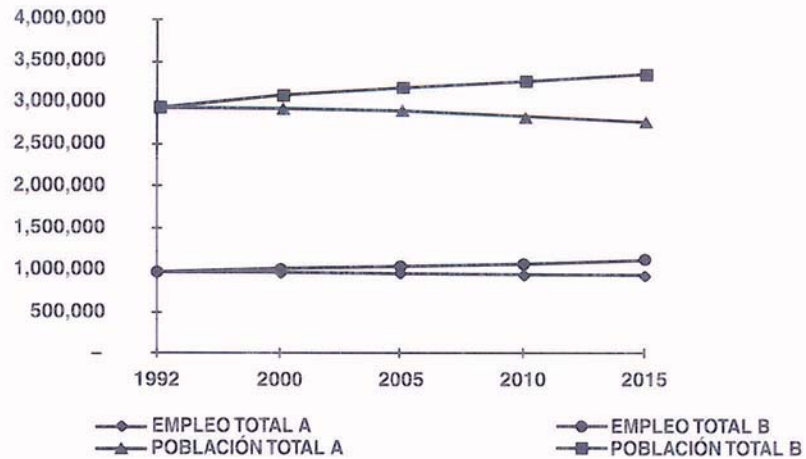
Así mismo, se verificó la factibilidad de utilizar un modelo integrado de usos del suelo y transporte como modelo urbano vinculado a un modelo de carga, procedimiento general que puede ser aplicado a cualquier sistema urbano, en la medida en que se consolide una base de datos urbana y de demanda eléctrica compatibilizada.

A la luz de esta experiencia, indudablemente exitosa, cabría sin embargo preguntarse hasta qué punto se justifica que una institución cuya finalidad es la prestación del servicio eléctrico, deba dirigir esfuerzos dentro de sus actividades de planificación, hacia la constitución de una base de datos, como la requerida por un modelo integrado de usos del suelo y transporte, que incluye además de la información sobre el sistema de actividades urbanas, una definición completa del sistema de transporte.

Como se mencionó anteriormente, la recabación, procesamiento y almacenamiento de información básica urbana son actividades en crisis, tanto en Caracas, como a nivel nacional, lo cual es consecuencia directa de la despreocupación por la planificación urbana que en general evidencian nuestras instituciones públicas legalmente responsables de estos procesos. Esto ha venido obligando a quienes requieran de información a resolver aisladamente sus necesidades, lo que muchas veces se traduce en sobreposición de esfuerzos, así como dispersión y pérdida de la información.

GRÁFICO 3

**POBLACIÓN Y EMPLEO
DEL VALLE DE CARACAS
1992-2015**



Fuente: Insurbeca (1996). Elaboración propia.

En este contexto, la respuesta a la interrogante planteada se sitúa más bien en la consideración de las características del área en estudio. Para sistemas urbanos complejos, como es el caso del área metropolitana de Caracas, la utilización de instrumentos de este tipo contribuyen, como ya se mencionó, a explicaciones más comprehensivas del fenómeno urbano, que permiten producir estimaciones futuras más ajustadas.

De hecho, los productos obtenidos en el estudio evidencian que se justifica ampliamente ese esfuerzo, pues se respondió a necesidades no resueltas por los métodos utilizados en la C.A. La Electricidad de Caracas:

estimaciones del comportamiento futuro espacial y temporal de la demanda eléctrica, bajo diferentes escenarios socioeconómicos y de desarrollo urbano que toman en cuenta el efecto de políticas y proyectos de transporte. A continuación se presenta, a modo de ilustración, una síntesis de esas estimaciones:

- Se consideraron dos escenarios que se denominaron tendencial (A) e intermedio (B). En el escenario tendencial, fundamentado en las previsiones de la Oficina Central de Estadística e Informática (OCEI) disponibles en 1995,²¹ las actividades urbanas (población y empleo) del valle de Caracas, presentan un decrecimiento del

21/ En el año 1997, la OCEI ha presentado nuevas proyecciones de población significativamente más altas, que superan incluso las estimaciones contempladas en el escenario B.

CUADRO 1

**POBLACIÓN Y EMPLEO
DEL VALLE DE CARACAS
POR MUNICIPIO
Escenario B
1992 y 2015**

Municipio	Población		Empleo	
	1992	2015	1992	2015
Libertador	2,008,244	2,283,338	707,756	791,692
Baruta	259,863	292,016	75,577	101,616
Chacao	61,670	69,276	54,887	62,640
El Hatillo	61,569	83,083	4,586	9,591
Sucre	537,884	617,867	114,705	128,214
Total	2,929,230	3,345,580	957,511	1,093,753

Fuente: Insurbeca (1996). Elaboración propia.

5 por ciento en el período 2000-2015. En el escenario intermedio, basado en hipótesis menos reduccionistas, las actividades crecen en 8,4 por ciento. Al año horizonte, el valle de Caracas resultaría con una población entre 2,78 (A) y 3,34 (B) millones de habitantes y entre 900 mil (A) y 1,1 (B) millones de empleos (gráfico 3). Los resultados por municipio para el escenario B se pueden observar en el cuadro 1.

- Los cambios en la localización de las actividades son diferenciados a nivel zonal. En el escenario B, las variaciones son mucho más notorias y menos lineales con respecto al año base que en el escenario A, producto del efecto combinado de las intervenciones al sistema de transporte y de las políticas de desarrollo urbano consideradas. Los sectores de la ciudad que resultaron con mayor dinámica fueron los municipios Sucre, Baruta y el Hatillo y las urbanizaciones Los Chaguaramos y El Cementerio, del Municipio Libertador. El crecimiento de la población y del empleo por municipio, para el escenario B en el período 1992-2015, se puede observar en el gráfico 4.

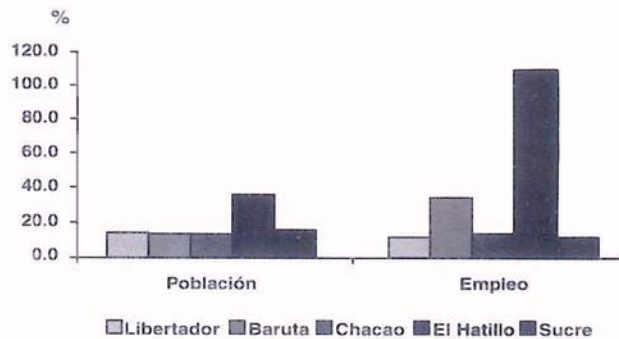
- En términos de demanda eléctrica, se manifiesta para el mismo período, en el escenario A, una disminución proporcional a la de las actividades, mientras que en el escenario B, el crecimiento de la demanda alcanza en términos globales el 13,3 por ciento, registrándose el mayor crecimiento relativo en los municipios Baruta y El Hatillo. En valores absolutos, la demanda de electricidad al año 2015 alcanzaría a 1765 MVA, distribuida por municipios como se muestra en el gráfico 5, y de los cuales la mayor participación le corresponde al Municipio Libertador.

Para finalizar, si bien el énfasis de este artículo y del estudio en el que se basa, se sitúa en el contexto de la planificación eléctrica, de los análisis realizados se desprenden algunas particularidades que pueden orientar la incorporación de variables asociadas al sistema de electricidad en la modelación integrada de los usos del suelo y transporte:

- El modelo de localización de actividades podría producir directamente las estimaciones de demanda eléctrica, dados los índices correspondientes.

GRÁFICO 4

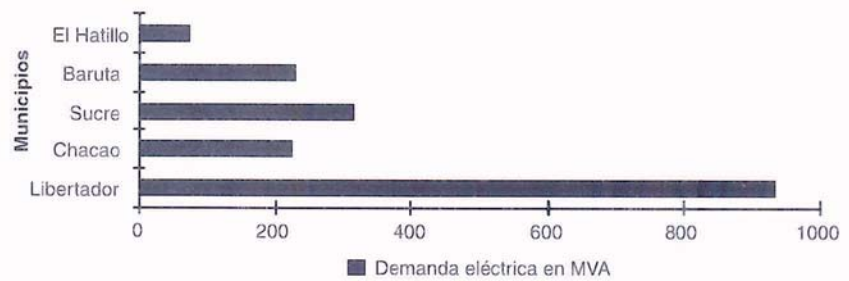
CRECIMIENTO POR MUNICIPIOS DE LA POBLACIÓN Y EMPLEO DEL VALLE DE CARACAS Escenario B 1992-2015



Fuente: Insurbeca (1996). Elaboración propia.

GRÁFICO 5

DEMANDA ELÉCTRICA (MVA) EN EL VALLE DE CARACAS AL AÑO 2015



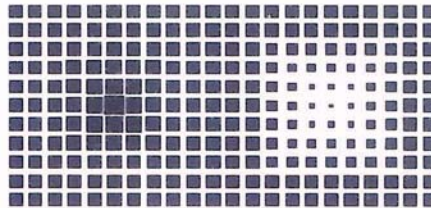
Fuente: Insurbeca (1996). Elaboración propia.

- De existir un esquema de tarifas eléctricas diferenciales por zonas (además de las existentes por tipo de suscriptor), en vez de índices el modelo podría incluir funciones de demanda por tipo de suscriptor que expresen la sensibilidad de los mismos a las tarifas.
- En este contexto, el costo por electricidad podría y debería incluirse en las funciones de utilidad de localización de los diferentes tipos de actividades urbanas consideradas.
- Dado que el servicio eléctrico aparece a la par del proceso de urbanización de las tierras, al incluir la tierra urbanizada como una de las variables atractoras en las funciones de localización, se está considerando implícitamente el efecto de la disponibilidad del servicio.
- La demanda máxima o capacidad del sistema podría ser de utilidad como una de las variables de restricción en la simulación del crecimiento urbano.

REFERENCIAS

- ALONSO, W. (1964)
Location and Land Use: Towards a General Theory of Land Rent. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- ANAS, A. (1982)
Residential Location Markets and Urban Transportation. New York: Academic Press.
- ANAS, A. (1984)
"Discrete Choice Theory and the General Equilibrium of Employment, Housing, and Travel Networks in a Lowry Type Model of the Urban Economy". In *Environment and Planning A*, v. 16, pp. 1489-1502.
- ANAS, A. y Kim, I. (1995)
"General Equilibrium Models of Polycentric Urban Land Use with Traffic Congestion and Endogeneous Agglomeration. In: *Network Infrastructure and the Urban Environment: Recent Advances in Land Use/Transport Modeling*. Stockholm: Smadalaro Gard.
- ANGULO, A., LEONARDI, E., SERRANO, A., MORENO, V. (1997)
"Aplicación de modelos para la estimación de la demanda eléctrica en la C.A. La Electricidad de Caracas". Parte I: Integración modelos urbanos y de carga. En *Seminario Internacional sobre Planificación de Sistemas de Distribución*. Puerto Ordaz, Venezuela.
- ANGULO, A., LEONARDI, E., SERRANO, A., MORENO, V., MORAIS, A. (1997)
"Aplicación de modelos para la estimación de la demanda eléctrica en la C.A. La Electricidad de Caracas". Parte II: Estimación a largo plazo en el área metropolitana de Caracas". En *Seminario Internacional sobre Planificación de Sistemas de Distribución*. Puerto Ordaz, Venezuela.
- CLEMENT, L. (1996)
"Modelling the Land Use and Transport Interaction: Example of the TRANUS System". In *Transport Land Use and Air Quality Conference*, London.
- ECHENIQUE, M.; FLOWERDEW A.; DOUGLAS H., J.; MAYO, T.; SKIDMORE I.; SIMMONDS D. (1990)
"The MEPLAN Models of Bilbao, Leeds and Dortmund". *Transport Reviews*, vol. 10, pp. 309-322.
- DE LA BARRA, T., ECHENIQUE, M., GUENDELMAN, J., QUINTANA, M. (1975)
"Un modelo urbano regional", en Marcial Echenique, comp. *Modelos matemáticos de la estructura espacial urbana: aplicaciones en América Latina*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones SIAP.
- DE LA BARRA, T. (1989)
Integrated Land Use and Transport Modelling. Cambridge: University Press.
- DE LA BARRA, T. (1994a)
"From Theory to Practice: The Experience in Venezuela". In *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 21, pp. 611-617.
- DE LA BARRA, T. (1994b)
"Improved Logit Formulations for Integrated Land Use, Transport and Environmental Models". MODELÍSTICA, Caracas, mimeo.
- DOMENICH, T. and MacFADDEN, D. (1975)
Urban Travel Demand: A Behavioural Analysis. Amsterdam: North-Holland.
- ECHENIQUE, M. y DE LA BARRA, T. (1977)
"Compact Land Use/ Transportation Models" In P. Bonsall, Q. Dalvi, P. Hills., eds. *Urban Transportation Planning*. London: Abacus Press.
- GERALDES, P. (1980)
"Le couplage transport/ occupation des sols dans l'analyse des systemes urbains", Memoria No. 535, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Ministério da Habitação e Obras Públicas.
- HERBERT, J. and STEVENS, B.H. (1960)
"A Model for the Distribution of Residential Activity in Urban Areas". In *Journal of Regional Science*, 2:21-36.
- INSTITUTO DE URBANISMO- CONICIT (1980)
"Dinámica de los sistemas urbanos". Caracas, mimeo.
- INSTITUTO DE URBANISMO- CONICIT (1982)
"Análisis del sistema de transporte urbano en Caracas y su relación con la estructura física y social - TRANUS". Caracas, mimeo.
- INSTITUTO DE URBANISMO- CDCH (1982)
"Estructuración jerárquica de modelos de uso del suelo y transporte". Caracas, mimeo.
- INSTITUTO DE URBANISMO- CONICIT- C.A. METRO DE CARACAS (1987)
"Impacto del metro sobre la estructura urbana de Caracas". Caracas, mimeo.
- INSTITUTO DE URBANISMO- MINDUR, 1989
"Metodología para la evaluación de los planes de ordenación

- urbanística realizados por Mindur. Caso de estudio Guanare". Caracas, mimeo.
- INSURBECA C.A.-INTEPLAN CONSULT C.A.- MTC (1992) "Estudio de demanda de transporte autopista Rómulo Betancourt". Caracas, mimeo.
- CONSORCIO OITGMA. SRL-INSURBECA C.A.-DESARROLLOS URBANOS C.A.-LERC CONSULTORES- C.A. METRO DE CARACAS, 1994 "Estudio de transporte y estructura urbana del sureste del AMC". Caracas, mimeo.
- INSTITUTO DE URBANISMO-MINDUR, 1994 "Impacto urbanístico de las inversiones en el Tuyo medio". Caracas, mimeo.
- INSURBECA C.A.-ALCALDÍA DEL MUNICIPIO LIBERTADOR (1996) "Plan de Desarrollo Urbano Local para el Municipio Libertador del Distrito Federal - Etapa II". Caracas.
- INSURBECA C.A.- C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS (1996) "Estimación de la demanda de electricidad a largo plazo en el área metropolitana de Caracas. Informe final". Caracas.
- LEONARDI, G. E. (1995) "Modelo de carga para la estimación de la demanda a largo plazo en el sistema de distribución a través de la proyección de variables urbanas". Trabajo especial de grado, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad Metropolitana, Caracas.
- LOWRY, I.S. (1964) *A Model of Metropolis*. Santa Monica, California: Rand Corporation.
- MACGILL, S. (1977) "The Lowry Model as an Input-Output Model and its Extension to Incorporate Full Intersectorial Relations". In *Regional Studies*, vol. 11, pp. 337-354, Pergamon Press.
- MACKETT, R. (1976) "A Re-Examination of the Transport Demand Model". En *Traffic Engineering and Control*, vol. 17, pp. 258-259.
- MACKETT, R. (1983) "The Leeds Integrated Land-Use/Transport Model (LILT)". Supplementary Report SR 805. Crowthorne: Transport and Road Research Laboratory.
- MACKETT, R. (1990) "The Systematic Application of the LILT Model to Dortmund, Leeds and Tokio". In *Transport Reviews*, vol. 11, pp. 323-38.
- MARTÍNEZ, F. (1991) "The Impact of Urban Transport Investment on Land Use and Land Values". Tesis presentada en la Universidad de Leeds para optar al título de Ph.D., Gran Bretaña.
- MARTÍNEZ, F. (1992a) "The Bid - Choice Land Use Model: an Integrated Economic Framework". En *Environment and Planning A*, volume 24, pp. 871-885.
- MARTÍNEZ, F. (1992b) "Towards the 5-stage Land-Use Transport Model". In *Land Use, Development and Globalisation, selected proceedings of the Sixth World Conference on Transport Research*, Lyon, St. Just-la-Pendue: Presse de l'Imprimerie Chirat, 79-90.
- MARTÍNEZ, F. (1995) "Access: The Transport - Land use Economic Link". In *Transportation Research Board*, vol. 29, N° 6, pp. 457-470.
- MILLS, E. (1975) *Economía urbana*. México: Editorial Diana.
- MODELÍSTICA C.A. (1996) *TRANUS® Reference Manual*. Version 5.1. Caracas.
- PUTMAN, S. (1975) "Further Results From, and Prospects for Future Research with, the Integrated Transportation and Land Use Model Package (ITLUP)". En *Annual Conference of the Southern Regional Science Association*, Atlanta, Georgia.
- PUTMAN, S. (1983) *Integrated Urban Models: Policy Analysis of Transportation and Land Use*. London: Pion.
- PUTMAN, S. (1991) *Integrated Urban Models 2: New Research and Applications of Optimization and Dynamics*. London: Pion.
- PUTMAN, S. (1995) "EMPALM and DRAM Location and Land Use Models: An Overview". En *Land Use Modelling Conference*, Dallas.
- RICKABY, P. y DE LA BARRA, T. (1988) "A Theoretical Comparison of Strategic Spatial Options for City-Regional Development, Using the TRANUS Model", in L. Lundqvist, L.G. Mattsson, E.A. Eriksson, eds. *Spatial Energy Analysis* (Avebury, Aldershot, Hants), pp. 315-333.
- ROSEN, S. (1974) "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition". In *Journal of Political Economy*, vol. 82, N° 1, pp. 34-35.
- WEGENER, M. (1994) "Operational Urban Models: State of the Art". In *Journal of the American Planning Association*, Vol. 60, N° 1, Winter.
- WEGENER, M. (1995) "Current and Future Land Use Models". In *Land Use Modelling Conference*, Dallas.
- WILLIAMS, L. (1977a) "On the Formulation of Travel Demand Models and Economic Evaluations Measures of User Benefit". In *Environment and Planning A*, vol. 9, pp. 285-344.
- WILLIAMS, L. (1977b) "Generation of Consistent Travel Demand Models and User-Benefit Measures". In Bonsall, Q. Dalvi, P. Hills, eds. *Urban Transportation Planning*. London: Abacus Press.
- WILSON, G. (1967) "A Statistical Theory of Spatial Distribution Models". In *Transportation Research*, vol. 1, p. 253.
- WINGO, L. (1961) *Transportation and Urban Land*. Baltimore: John Hopkins Press.



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Comisión de Estudios de Postgrado

Instituto de Urbanismo POSTGRADOS 1999

Coordinador docente: Marta Abeucci
mabeucci@urbe.arq.ucv.ve

**Doctorado en Ciencias
Mención Urbanismo**

Coordinador: Frank Marcano
fmarcano@urbe.arq.ucv.ve

Maestría en Diseño Urbano

Coordinador: María Isabel Peña
misabelp@urbe.arq.ucv.ve

Maestría en Economía Urbana

Coordinador: Marta Abeucci
mabeucci@urbe.arq.ucv.ve

**Maestría y Especialización en
Planificación de Transporte**

Coordinador: Ana Laura Morais
amorais@sagi.ucv.edu.ve

**Maestría en Planificación Urbana
Mención Política y Acción Local**

Coordinador: Ana Semeco
asemeco@sagi.ucv.edu.ve

Preinscripciones
a partir de octubre de 1998
