

## la computación en el desarrollo urbano

Arquitecto JORGE DOMEYKO

### 1.- Antecedentes Generales

El estudio y la acción específica en el proceso de Desarrollo Urbano, involucra para cada actividad establecer el **donde** (locus); el **cuanto** (programa), de acuerdo al sistema de relaciones establecido; y el **como** (proposición específica), se puede plantear la actividad en ese lugar, en relación al sistema a que pertenece dicha actividad.

Sobre estos antecedentes, analizados en un punto del sistema, convergen un conjunto de restricciones como son los recursos económicos disponibles, las normas que regulan la aplicación de esos recursos (decretos, leyes, etc.) y las restricciones propias de la demanda (cliente) y del espacio físico, con sus características específicas (infraestructura).

En esta perspectiva, la Forma Urbana es el resultado de la localización de las actividades en un momento del tiempo, dentro de un sistema de relaciones, que se condiciona, en distintos niveles (regional, comunal, barrio y lugar), por la dimensión económica (recursos disponibles); por la dimensión administrativa (normas, leyes, decretos, etc.); por la dimensión social (tipo de demanda); y por la dimensión de infraestructura (condición específica del espacio a ocupar).

El manejo de estas variables para un eficiente Desarrollo Urbano, implica un conocimiento, cuyo nivel de complejidad supera los análisis tradicionales, exigiendo a aquellos que asumen el manejo de estas materias, la imperiosa necesidad de aplicar o formular, cuando no las hay, las teorías que respalden la calidad de las acciones sobre el Desarrollo Urbano.

Una de las primeras tareas, es en consecuencia, encontrar los artificios para reducir los problemas, comprendiendo los mecanismos que los generan. El segundo paso es hacer una evaluación apropiada de la incidencia de los costos de la solución adoptada, versus los costos de la situación existente.

Dentro de este contexto, se han desarrollado investigaciones en las distintas áreas comprometidas en el Desarrollo Urbano que, reconociendo la complejidad de la naturaleza del problema, han desarrollado y aplicado tecnologías que buscan mejorar las predicciones y las proyecciones ante supuestos alternativos.

### 2.- El nivel teórico.

En el plano teórico, se han hecho algu-

nas afirmaciones previas. La ciudad respecto a la Región y a su propia estructura interna, genera un sistema de relaciones entre las actividades que la conforman. Estas actividades, consideradas en su conjunto, tienden a presentar un comportamiento regular, lo que permite medirlas y establecer leyes específicas de comportamiento.

Estas leyes condicionan a su vez los actos individuales o acciones, en cualquier punto del sistema definido.

Las teorías utilizadas se pueden ordenar en tres grupos (1)

— Las fundamentadas en la física social con la aplicación de Modelos Gravitacionales, deducidos por analogía de la física Newtoniana y aplicados a la macro escala. En el hecho, estas aplicaciones son modelos estáticos que han contribuido poco a la explicación de los procesos de cambio de la ciudad. Sin embargo, su simplicidad y un cierto grado de eficiencia alcanzado, los señalan como un aporte valioso.

— Las aplicaciones fundamentadas en la teoría del comportamiento económico, con modelos planteados desde la oferta y la demanda y que se han aplicado a la micro, escala. La excesiva simplificación los coloca como modelos de uso limitado

— Las aplicaciones empíricas, que utilizan las técnicas estadísticas. En estas formulaciones está la limitación de la aproximación estadística, con poca base teórica y que no ha permitido utilizarlas con propósitos predictivos.

En todas estas aplicaciones efectuadas a través de modelos, se ha podido establecer un cierto nivel de regularidad en el comportamiento de las actividades, de tal manera que una vez establecida, se puede aplicar sobre otras situaciones similares. De esta forma será posible reconocer de antemano, en las actividades que inician un proceso, su probable comportamiento futuro (en función de su regularidad); o hacer aparecer actividades que eventualmente puedan existir dentro de las condiciones preestablecidas. En este sentido toda teoría es un modelo, pero no todo Modelo es una Teoría (Gráfico A).

### 3.- Algunas experiencias en Chile

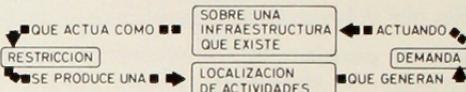
La posibilidad de operar el concepto de sistema, que establece relaciones entre todas las variables, y de cada una con el total, implica gran cantidad de cruces de información. Esto se ha hecho efectivo gracias a la disponibilidad de computadores, sin los cuales, el cálculo que

### MODELO ES LA REPRESENTACION DE UNA REALIDAD

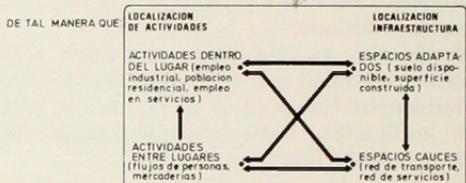
"UNA REALIDAD" SE DEFINE COMO UN CONJUNTO DE ELEMENTOS RELEVANTES Y SUS RELACIONES (SISTEMA)

LA FORMA EN QUE SE RELACIONAN ESTOS ELEMENTOS ES LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA

ES UN MODELO DESCRIPTIVO Y ESTÁTICO Y SIMULA LA ESTRUCTURA ESPACIAL URBANA EN TERMINOS DE UN SISTEMA EN QUE:



EL MODELO RECONOCE UN PROCESO DE: GENERACION Y LOCALIZACION DE ACTIVIDADES EN PROCESOS INTERDEPENDIENTES



### CONCLUSIONES

1. EL MODELO PERMITE VISUALIZAR EL AREA METROPOLITANA COMO UN SISTEMA, DE MODO QUE CUANDO UNA VARIABLE SE MODIFICA SE PUEDEN RECONOCER LOS PROBABLES EFECTOS EN EL RESTO DE LOS ELEMENTOS
2. COMPROBADA LA VALIDAZ DEL MODELO, SE PUEDE RECONOCER EL GRADO DE EQUILIBRIO ENTRE LA SUPERFICIE CONSTRUIDA (gráficos 1, 2, 3, 4), LA POBLACION RESIDENCIAL (gráficos 5, 6, 7, 8), EL EMPLEO EN SERVICIOS (gráficos 9, 10, 11, 12) Y EL TRANSPORTE COLECTIVO (gráficos 13, 14, 15, 16).

requiere cualquiera de los modelos que aquí se exponen, podría tomar meses. Esto explica que estos instrumentos de medición tengan a la fecha, no más de quince años de desarrollo.

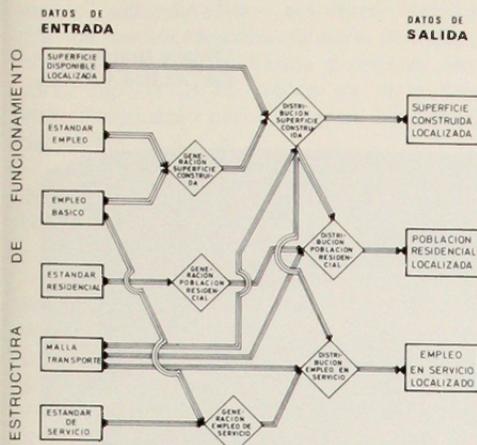
La primera y más importante aplicación fue realizada por el M.O.P. a través de BCEOM - SOFRETU en el período 1965 - 67, para la definición de la red del Ferrocarril Metropolitano (Metro) de Santiago de Chile.

El modelo utilizado fue básicamente el Modelo de Lowry-Garin, desarrollado originalmente para la Rand Corporation (E.E.U.U.) en 1964.

Procesado en París por P. Garin, este modelo se formuló como un instrumento de ayuda para apoyar decisiones ante posibles alternativas, que en este caso fueron los posibles recorridos del Metro, en la trama urbana de Santiago.

Su contenido se fundamenta en la física (ley de Newton) al plantearse como un modelo gravitacional, que a partir del Empleo Básico genera la Población Residencial y los Empleos en Servicios.

Una segunda iniciativa fue el Modelo de Cambridge (2) aplicado a Santiago. Este modelo basado también en el Modelo de Lowry, se diferencia del anterior, en que introduce el stock (superficie construida y la red de transporte), como condicionante de localización de las actividades, junto a un factor de competencia que ejerce la totalidad del área urbana, versus el área específica de localización



de la actividad. (Gráfico B).

Los objetivos de esta experiencia fueron:

— Comprobar como operaba el modelo, aplicado a una ciudad próxima a los 3.000.000 de habitantes.

— Comprobar el comportamiento de los sistemas urbanos, en base a la estructura definida por las actividades seleccionadas del modelo, al mismo tiempo que ver la posibilidad de controlar estos sistemas ante posibles proposiciones de cambio.

— Comprobar la receptibilidad del modelo en su aplicación a cualquier otra estructura urbana. (3)

Una tercera experiencia en Chile la constituyen dos iniciativas formuladas en el mismo período. La primera, iniciada en 1971 por el Instituto de Planificación Urbana de la Universidad Católica y terminada en 1974 (4). La segunda iniciada por el MINVU-MOP en 1972 y publicada en 1974. (5)

La primera de estas iniciativas, continuación de la realizada en Cambridge en 1970, tuvo un nuevo objetivo. Comprobar el grado, de sensibilidad del Modelo en sus respuestas, ante los cambios efectuados en la estructura urbana, por situaciones específicas y perfectamente localizadas. Para ello se desgregó el área Metropolitana (17 comunas de Santiago) en 165 zonas de 2 x 2 Kms.

La segunda iniciativa, efectuada por el MINVU, se orientó hacia el nivel Regional, trabajando tres submodelos interrelacionados. Un primer submodelo Regional que condiciona a un segundo submodelo que representa el Área Metropolitana, y un tercer submodelo de transporte que establece las relaciones entre los dos niveles anteriores, y al interior del Área Metropolitana misma.

#### 4.— La experiencia del Modelo aplicado al Área Metropolitana de Santiago. (6)

Los objetivos de esta aplicación fueron: aumentar la sensibilidad del modelo con objeto de visualizar la ciudad como un sistema (plano docente), y estudiar el probable comportamiento del conjunto de las actividades, ante proposiciones de cambio en el mismo sistema urbano.

— Investigar sobre la significación relativa de las variables del modelo, dentro del sistema definido.

— Comprobar su eficacia a nivel de 2

por 2 kms., con objeto de detectar áreas desmejoradas en recursos de equipamiento e infraestructura, versus las actividades que las ocupan.

— Medir los posibles efectos de inversiones en proyectos que modifican el sistema de relaciones de las actividades urbanas.

#### 4.1 Proceso de implementación y simulación del Modelo

El modelo consiste en tres submodelos interrelacionados: El submodelo de superficie construida, el submodelo de localización residencial, y el submodelo de localización de servicios.

A través de un proceso iterativo, a partir del Empleo Básico se genera y distribuye, la forma probabilística, el stock físico (superficie construida), la actividad residencial, la actividad de servicios y el número de viajes entre lugares de actividad. Al cabo de 6 ó 7 iteraciones el modelo tiende a un estado de equilibrio. Los resultados simulados se comparan con los datos reales existentes, por medio de correlaciones. Esto definirá para cada actividad un grado o nivel de confianza en la simulación obtenida, con objeto de probar posteriormente los posibles efectos de cambio ante nuevas acciones, los que se visualizan modificando los datos de entrada del modelo, por los nuevos datos cuyos efectos se quieren observar.

#### 4.2 Algunos resultados

En esta experiencia los resultados de la calibración fueron, para el stock de superficie construida un  $R^2 = 0,76$ , para la población residencial un  $R^2 = 0,64$ , y para los empleos en servicios un  $R^2 = 0,33$ . Estos resultados se consideraron dentro de un rango aceptable para los objetivos que se plantearon inicialmente.

En relación a los efectos de nuevos proyectos (vigentes en el momento de la investigación), como la Remodelación San Luis, y la construcción de viviendas en altura en la Vía Norte - Sur de Santiago Poniente, se pudo visualizar, una vez simuladas por el Modelo como existentes, que el efecto de localización de nuevas viviendas tenía un efecto concentrador para el resto de las actividades no residenciales en el área central de la Comuna de Santiago, indicando con ello una estructura de actividades centralizadora a nivel de área Metropolitana.

#### 5.— Algunas Consideraciones

##### 5.1 Ventajas y desventajas.

Los modelos que se han aplicado han permitido, en un aspecto docente visualizar la ciudad como un sistema, cuando nuevas iniciativas modifican su estructura interna.

En un plano de operatividad, se han mostrado como instrumentos que en alguna medida pueden representar la complejidad de la estructura urbana, proponiéndose como elementos orientadores en las decisiones que deben tomar, tanto los planificadores en apoyo del

sector público, como en el sector privado, en orden a lograr una mejor racionalización en el uso de los recursos existentes.

Aún cuando los resultados alcanzados tengan niveles aceptables en sus respuestas, hay tipos de fenómenos que no son plenamente predecibles. Hay otras restricciones como son la disponibilidad de datos, el número pequeño de variables frente a los requerimientos que pueden variar, y con ello el tipo de variables, y la multiplicación del error de información mal elaborada.

La dificultad de obtener un modelo exacto de la realidad, está tanto en la dificultad que representa la complejidad del comportamiento de la materia que se analiza, como la complejidad del sistema dentro del cual se inscribe tal acción, así mismo como la dificultad para elaborar la capacidad que permita predecir el comportamiento del sistema ante un nuevo estímulo, en el espacio y en el tiempo.

#### 5.2 CONCLUSIONES

Desde el punto de vista teórico, se puede comprobar el efecto inevitable que tienen las acciones en todo el sistema, y no sólo en el punto que se aplican.

En consecuencia, es preciso seleccionar las relaciones significativas entre las partes del sistema comprometido, de lo cual dependerá la capacidad del modelo para predecir el efecto del impacto, en el espacio y en el tiempo.

En forma indirecta, los modelos aplicados hasta la fecha han contribuido a la investigación futura, aportando evidencia empírica a futuras investigaciones en áreas aisladas, de escaso planteamiento teórico. Los modelos, como instrumento de apoyo a la acción de un planificador deberán situarse cuidadosamente, de tal forma que sea posible llegar a conclusiones que consideren tanto los aspectos teóricos, como la aplicación práctica.

*“Sólo con esta actitud, pueden estos primeros planteamientos de un método importante y flexible que apoya la planificación, ser pulidos y consolidados exitosamente en el futuro.” (7)*

(1) Urban development models: fifteen years of experience, Marcial Echenique, en Urban Development Models. The Construction Press Ltda., 1975, Cambridge - Inglaterra.

(2) W.P. Nº 11. A Model for Santiago Metropolitan Area. Echenique M. y Domeyko J. Centre for Land and Built Form Studies 1970. Universidad de Cambridge.

(3) Este modelo se aplicó anteriormente a la ciudad de Reading (1968) y Cambridge.

(4) Aplicación del Modelo Estático Simple al Área Metropolitana de Santiago. Domeyko J. y Vega C. Pub 2, 3, 4, 5 del I.P.U. 1974 U. Católica

(5) An Urban-regional Model for the Central Region of Chile. De la Barra T., Echenique M., y otros. Urban Development Models. The Construction Press Ltda, 1975, Cambridge, Inglaterra.

(6) Cita (4).

(7) (M. Batty 1974, cita 5)