

# ARQUITECTURA Y URBANISMO

## EN LA ERA DE LAS COMPUTADORAS

Mesa Redonda efectuada en Sala Auca con la asistencia de los siguientes arquitectos:

Moisés Bedrack, presidente del Colegio de Arquitectos y socio de la firma consultora CODEPLAN.

René Urbina, Director del Instituto de Vivienda, Urbanismo y Planeación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la U. de Chile.

Martha Schteingart, profesora investigadora del mencionado Instituto.

Javier Gutiérrez, investigador del mencionado Instituto.

Por AUCA: Ana María Barrenechea, Rodolfo Bravo, Juan Cárdenas, José Covacevich, Raúl Farrú, Pablo Hege-dus, Hugo Gaggero, Gonzalo Mardones, José Medina, Jorge Poblete, Yolanda Schwartz y Ricardo Tapia.

Moderador: Miguel Lawner.

**MIGUEL LAWNER.** Tal como se ha hecho ya habitual en nuestra publicación, nos encontramos reunidos en mesa redonda para debatir un tema apasionante de nuestro tiempo: el empleo de las computadoras en Arquitectura y Urbanismo. Mediante estos intercambios de ideas, AUCA cumple con el propósito de dar libre cabida a las opiniones e inquietudes que preocupan a los profesionales chilenos y contribuye a su mejor difusión en el medio nacional.

Nuestro invitado especial para esta reunión, es el arquitecto chileno Marcial Echenique, destacado especialista en el empleo de estas nuevas técnicas, quien reside actualmente en Inglaterra y que viajó a Chile con motivo de una invitación extendida por el IVUPLAN, a fin de dictar unos cursos breves en la Facultad de Arquitectura de la U. de Chile. Echenique nos introducirá en el tema de "MODELOS MATEMÁTICOS EN LA PLANIFICACION URBANA Y EN EL DISEÑO ARQUITECTONICO", pero antes de ofrecerle la palabra, me permito solicitar al arquitecto René Urbina, Director del Ivuplan, que nos dé a conocer algunos antecedentes relativos a la persona de Echenique.

**RENE URBINA.** A fines del año pasado, nos enteramos por algunas publicaciones e informes directos, del importante rol desempeñado por el colega Echenique en la Universidad de Cambridge. De ese instituto de estudios superiores, depende el Centro para Uso de la Tierra, y cuyo Departamento de "Sistemas Urbanos", está, precisamente, a cargo de nuestro compatriota.

Sus méritos, le permitieron conectarse en Gran Bretaña con algunas firmas e instituciones especializadas en este tipo de disciplinas y en las cuales le cupo una labor profesional, cuyos resultados lo elevaron rápidamente a la alta responsabilidad que hoy desempeña en Cambridge.

Todas estas razones, nos indujeron a invitarlo a Chile, por un plazo desgraciadamente muy breve, —un mes—, período en el cual, el Doctor Echenique desarrolló dos cursos: uno en Santiago, relativo a la aplicación de modelos en la planificación urbana, y otro en Valparaíso, sobre su aplicación al diseño arquitectónico. Con todo, este lapso ha sido suficiente para medir el dominio de nuestro colega sobre estas especialidades tan vitales para el análisis de las tareas regionales y urbanas. Martha Schteingart podría explicar los alcances de dichos cursos, pero previamente deseo dejar constancia

de la satisfacción que hemos experimentado por el desarrollo de estos cursos.

**MARTHA SCHEINGART.** Quisiera recalcar que los dos cursos desarrollados por Echenique tuvieron una gran acogida lo cual demuestra el interés que existe por la aplicación de los nuevos métodos científicos para el mejor conocimiento y predicción de los problemas urbanos.

Así mismo, este primer contacto ha evidenciado nuestra débil preparación matemática y lo urgente que es cubrir estos vacíos a fin de poder familiarizarnos con los modelos matemáticos. Sin embargo nos hemos formado una idea general acerca de los alcances de éstos modelos; que tipo de problemas resuelven, con qué tipo de variables se opera y en líneas generales nos ha proporcionado una noción acerca del uso de estas técnicas tan desconocidas en nuestros países.

Además de toda esta información, los cursos han permitido reunir a las personas interesadas en este campo, las cuales se han planteado la necesidad de proseguir con este tipo de investigaciones, procurando, —por una parte—, intensificar el estudio de las matemáticas, imprescindibles en el manejo de las nuevas técnicas. Por otra parte, debemos coordinar la recolección de la abundante documentación proveniente del extranjero y que acá llega a nuestras manos sólo ocasionalmente. Este contacto permitirá la creación de equipos interdisciplinarios de investigación, que requieren, además de su capacitación teórica, la posibilidad de aplicar estos conocimientos a casos concretos a fin de poder seguir avanzando.

Tales son, a mi juicio, los aportes más significativos proporcionados por los cursos dictados por Echenique.

**MIGUEL LAWNER.** Ofrecemos la palabra a Marcial Echenique, que abordará en esta mesa redonda el tema "Aplicación de modelos en Arquitectura y Urbanismo."

**MARCIAL ECHENIQUE.** Los modelos constituyen una aproximación más sistemática a nuestros problemas urbanos o regionales. Estos problemas

¿Qué representa un modelo dentro de estos sistemas?

Un modelo matemático es la representación mediante símbolos, de los factores que influyen en el proceso del desarrollo urbano o del diseño arquitectónico. Las relaciones que se establecen entre estos factores, se expresan en forma de ecuaciones. En consecuencia, estas técnicas permiten entender las ciudades, las regiones, los barrios, como sistemas y esta modalidad se hace indispensable dada la enorme cantidad de información que debemos manejar, por ejemplo, en el proceso del desarrollo urbano.

Modelar un sistema, es externalizar todos los procesos del diseño. Esto permite la concurrencia de muchos especialistas de distinta formación: arquitectos, economistas, sociólogos, geógrafos, etc., los cuales, sin un lenguaje común estarían inhabilitados para integrarse.

Este lenguaje común es el lenguaje matemático.

Ahora bien, la posibilidad de construir modelos se da ahora y no veinte años atrás, por el desarrollo actual de estas herramientas llamadas computadoras. En el pasado, por muy intenso que hubiese sido nuestro esfuerzo, no habríamos podido analizar los miles de millones de datos que a menudo se generan en una operación de relación entre los distintos factores que influyen en el proceso del desarrollo urbano.

Con un lápiz y papel o con una simple máquina calculadora no podríamos aspirar a lograr resultados eficientes y oportunos. La computadora nos ha abierto la perspectiva de abarcar este tipo de problemas.

Sin embargo, quiero advertir que éstas máquinas son sólo una herramienta de trabajo. No constituyen una panacea que todo lo resuelve, por encima del hombre. En definitiva, es el hombre quien determina el comportamiento de las máquinas. Lo verdaderamente significativo es el proceso intelectual de construir un modelo.

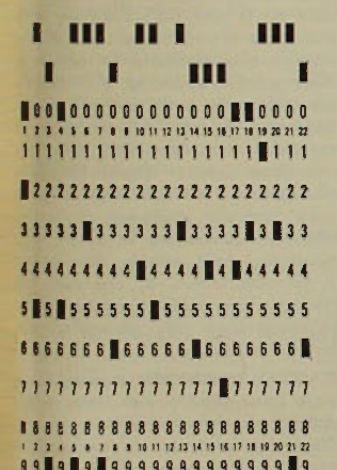
En líneas generales todo lo que he expuesto vendría a definir el concepto del modelo.

**MIGUEL LAWNER.** ¿Qué tipo de modelos se emplean más corrientemente hoy en día?

**ECHENIQUE:** Las matemáticas, un lenguaje común, admiten la integración de diversos especialistas.

se agrupan en sistemas cuyos componentes se relacionan de alguna forma.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Actualmente hay muchos modelos en operación. Los hay parciales y más generales.



**MARCIAL ECHENIQUE TALAVERA.** Arquitecto, 27 años, casado con tres hijos.  
Estudios en la U. C. de Santiago y Doctorado en Arquitectura y Urbanismo en la Universidad de Barcelona.  
Jefe del Departamento de Sistemas Urbanos, ("Urban Systems Study") rama del Centro para uso del suelo y formas construidas, (The Center for Land Use and Built Form Studies), dependiente de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Cambridge, Inglaterra.  
Socio de una Oficina particular de Consultores, formada por profesores del Centro. (Architectural Applied Research of Cambridge), que ha recibido varios encargos de investigaciones provenientes de Ministerios de Inglaterra, USA y Kuwait.



Por ejemplo, uno de los más comunes se refiere al transporte, con el objeto de poder diseñar la infraestructura más eficiente que una determinada puntos. Existen modelos de emigraciones, de empleos. Tengo entendido que en EE. UU. existen 70 modelos en funcionamiento. En Europa también hay bastantes y se aplican al estudio de áreas metropolitanas, regionales o sub-regionales. En definitiva, se trata de una técnica que ha entrado en el proceso práctico de planificación. Las aplicaciones en Chile están condicionadas, naturalmente, a la capa-

cluso, algunos sistemas han sido contratados por Ministerios. Particular interés revisten los métodos desarrollados para la generación automática de volúmenes o la generación automática de planos. A través de computación se ha determinado la más óptima localización de las actividades dentro de los edificios, los costos, las estructuras, las instalaciones. Así mismo, se ha avanzado en la evaluación de los proyectos. En resumidas cuentas, hay una serie de procesos que ya se utilizan corrientemente, es claro que aún a nivel experimental.

## MARDONES: En las etapas de programación, no puede prescindirse del modelo, a riesgo de improvisar.

citación de los profesionales y a la existencia de los datos, pero lo más importante es la motivación de emplear estas técnicas. Tener conciencia que nuestras actuales herramientas son insuficientes para resolver la magnitud de los problemas planteados.

**MIGUEL LAWNER.** ¿Es atinado afirmar que en los países más desarrollados el uso de estas nuevas técnicas es verdaderamente indispensable?

**MARCIAL ECHENIQUE.** Yo creo que son las únicas posibles de utilizar en estos momentos. Las restantes son vulgares fórmulas de tanteo.

**MIGUEL LAWNER.** La capacitación normal de los arquitectos en dichos países, ¿les permite participar en la programación de modelos?

**MARCIAL ECHENIQUE.** Admito que los arquitectos nos hemos quedado atrás en el conocimiento de este tipo de técnicas.

Confundidos por esa tradicional aureola artística no nos hemos capacitado para trabajar con este tipo de herramientas y así observamos que en USA, por ejemplo, la gran mayoría de los modelos están dirigidos por economistas o geógrafos. En Inglaterra ocurre algo semejante, fenómeno acentuado aun por una cierta displicencia hacia los aspectos físicos, los cuales son calificados como una variante económica más. Nuestro centro es el único que depende de una Escuela de Arquitectura y hemos contribuido bastante a introducir técnicas más espaciales, —físicas—, en el proceso de los modelos y esta modalidad ya es aceptada entre ciertos medios. Estimo que esta es una responsabilidad vital de la Arquitectura y en particular de las Escuelas Universitarias. En Inglaterra se ha iniciado la capacitación de los estudiantes a nivel de 4º y 5º Año y se han reformulado algunos programas en especial la rama llamada "métodos cuantitativos".

**MIGUEL LAWNER.** Aparentemente las aplicaciones en el campo del desarrollo urbano se observan como muy factibles. ¿Ocurre lo mismo con el diseño arquitectónico propiamente tal?

**MARCIAL ECHENIQUE.** En nuestro Centro creo que hemos logrado resultados exitosos al respecto e in-

**YOLANDA SCHWARTZ.** ¿Quiénes integran normalmente el equipo de profesionales necesario para la formulación de un modelo urbanístico o arquitectónico?

**MARCIAL ECHENIQUE.** Nosotros constituimos un equipo de aproximadamente 50 personas, 15 de las cuales son profesores investigadores y el resto ayudantes. Predominan los arquitectos, por cuanto la arquitectura constituye nuestra principal preocupación. Además, hay varios economistas, de diversas especialidades: economía urbana, geógrafos economistas, y otros. Existen tres matemáticos, dos de los cuales son técnicos en computación y el otro en estadística.

Luego hay dos sociólogos y varios planificadores. Advierto que en Inglaterra existe la distinción entre arquitectos y planificadores.

La participación de la nueva generación de geógrafos, los llamados geógrafos teóricos, ha sido particularmente útil por su manejo del espacio regional en sentido cuantitativo. Ellos han desarrollado varias técnicas muy interesantes aplicables a problemas urbanos.

Sin embargo, los que más han influido son los matemáticos. Naturalmente, estos especialistas no conocen nuestros problemas, nosotros debemos formularlos y ellos nos ayudarán a resolverlos.

Conviene señalar que en el campo de la planificación urbana ya no se concibe la modalidad de un arquitecto sentado frente a su tablero de dibujo que formula el plan regulador. Nó, la planificación es un proceso de cambio continuo que permanentemente es objeto de revisión y de revalidación de tesis a fin de poder coordinarla con el desarrollo general. Es un proceso dinámico en el tiempo.

**RENE URBINA.** Tengo la impresión de que en esta reunión habría interés por conocer algunas experiencias más prácticas de aplicación de modelos a la arquitectura y al urbanismo.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Hay varios ejemplos de aplicación de estos métodos en la concepción del diseño, que es el campo de aplicación verdaderamente difícil. Procesar las estructuras o los costos es relativamente sencillo, por cuanto es muy fácil cuantificarlos. Lo mismo ocurre con los materiales.

En Inglaterra se ha creado un banco de datos para todos los materiales de construcción. De esta manera, se puede determinar mediante computadoras la especificación técnica más aconsejable en cada caso.

Ahora, en la concepción del proyecto arquitectónico, hay algunos ejemplos de alto interés, especialmente algunos desarrollados por Leslie Martin, director de nuestro Centro y Decano de la Escuela de Arquitectura. Tenemos al proyecto de White House, un sector de Londres que aloja las principales oficinas gubernamentales; también la remodelación de *Comtown* con resultados bastante espectaculares. No puede afirmarse que el diseño resulte acabado y no creo que seamos capaces de lograrlo, pero el planteamiento general de los volúmenes y la zonificación del mencionado centro han sido establecidos por las computadoras.

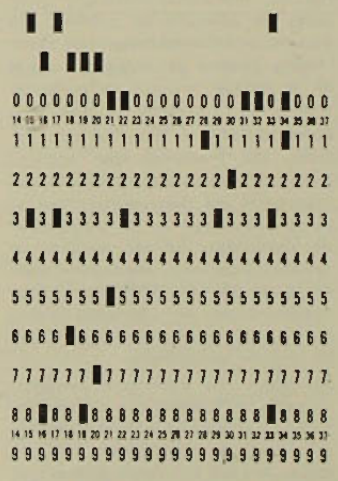
Yo he colaborado en los proyectos para el centro cívico de Liverpool en los cuales también se han empleado dichas técnicas. Con todo, estimo que la aplicación en el diseño arquitectónico se encuentra rezagada, quizás porque los arquitectos son reacios a admitir el uso de estas técnicas. En cambio los urbanistas y planificadores, (profesionales más recientes), las han aceptado con mayor entusiasmo.

Resumiendo, podría asegurar que, ahora, el urbanismo es más ciencia que arte, situación que en la arquitectura aún es a la inversa.

**MIGUEL LAWNER.** Excúseme que insista en lo que Ud. acaba de afirmar, pero le confieso que me cuesta admitir que mediante la computadora pueda deducirse el volumen más adecuado a un conjunto arquitectónico, si este es relativamente complejo. Es posible que para un caso muy preciso, circunscrito, pueda lograrse resultados lógicos, pero para cualquier problema de mayor alcance, supongamos, un Centro Universitario, dudo que la formulación a la computadora de una serie de hipótesis a variables, permita definir la composición más adecuada para todo el conjunto.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Especialmente en el caso que Ud. menciona, se ha demostrado la eficacia del sistema. Claro, no se trata de un proceso completo. Hay etapas en las cuales se puede emplear y en otras no. Por ejemplo, no existe aún, una teoría aceptada sobre la percepción del espacio, no obstante la abundante investigación al respecto, pero hay numerosos pasos que pueden definirse mediante los procesos matemáticos. Desde luego es aventurado afirmar que hoy día estamos en condiciones de introducir algunos apuntes por un extremo y obtener productos acabados por el otro.

Sin, embargo, hay aspectos del diseño: la vivienda de interés social, por ejemplo, en los cuales estimo que el empleo de este tipo de métodos es imperativa. Las soluciones adoptadas serán de tal consecuencia, afectarán a tantos miles de individuos, que debemos estar muy seguros de nuestras proposiciones. Existen una serie de trabajos muy interesantes sobre generación y evaluación de





planos de viviendas tipos y toda la gama de soluciones posibles dentro del marco de determinadas restricciones espaciales, de costos, legislativas (el D.F.L. 2 en Chile) o de relación de actividades.

**YOLANDA SCHWARTZ.** Para la coordinación modular, para deducir la modulación más adecuada de edificios, o de sus estructuras, ¿se pueden emplear estos métodos?

**MARCIAL ECHENIQUE.** Naturalmente; eso es relativamente fácil y tengo entendido que en Chile se han realizado estudios bastante buenos sobre series modulares. Sin embargo, repito que yo no estoy tan interesado en este tipo de aplicación particular, que se observa como muy factible, sino que en la concepción original del conjunto del proyecto.

**RENE URBINA.** Cuando aquí se manifestaba sorpresa por la posibilidad de deducir el diseño mediante el uso de estos sistemas, yo pensaba que, tal vez, esta incompreensión pueda deberse a una falta de definición previa de algunos términos. No pretendo hacerlo aquí pero estimo que conceptos como volumen y forma, tal vez sea necesario aclararlos. Creo que es fácil, mediante el sistema de modelos, definir un volumen, en cuanto el volumen es el producto de un mandato de ciertas dimensiones que, a su vez, son una respuesta a ciertas actividades. En cambio, llegar a la forma, que es un volumen intencionado, puede ser un proceso más difícil. Es lo que el arquitecto tradicionalmente ha realizado y seguirá haciendo: darle una intención a ese volumen. Pero lo importante es que el arquitecto reserva para sí la tarea fundamental que siempre ha desempeñado: programar esa distribución de actividades que originan los volúmenes, con la diferencia que ahora entra a una labor

**ECHENIQUE: En el diseño de viviendas de interés social es vital el empleo de modelos.**

mucho más abstracta que antes: ser capaz de introducir esta programación en estos aparatos, si es que en realidad van a ser capaces de ayudarnos en este sentido. Hé allí la responsabilidad fundamental del arquitecto.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Con respecto a la generación de formas, hay matemáticas que logran resultados de acuerdo a determinadas restricciones: el dimensionamiento de un terreno, ciertas características de iluminación, de zonificación de actividades, etc. Esto produce formas más adecuadas que otras; claro que generalmente son formas simples, desprovistas de lo que podríamos llamar retoques faciales. Esas cosas de modo que a nosotros nos gusta tanto y que son un auténtico maquillaje que cubre al edificio. Naturalmente este tipo de información no se obtiene y no creo que se logre por muchos años. Pero la concepción general de las formas puede perfectamente emanar de un proceso matemático.

**JOSE MEDINA.** A menos que se imponga una exigencia de maquillaje.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Claro, pero allí pisamos un terreno de características muy subjetivas.

**YOLANDA SCHWARTZ.** Lo que ocurre es que previo al maquillaje que Ud. menciona, hay algo más importante: la voluntad de forma, que puede ser determinada por razones urbanísticas, plásticas, etc. Este tipo de situaciones, ¿son susceptibles de programarse?

**MARCIAL ECHENIQUE.** Yo quisiera que se definiera más este concepto de voluntad de forma.

**YOLANDA SCHWARTZ.** Aclarémoslo con un ejemplo. Supongamos un edificio público de cierta importancia, emplazado en determinadas perspectivas de puntos de vista y con exigencias de jerarquía del espacio que deben expresarse en determinada forma, más allá de lo estrictamente utilitario.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Yo no creo que en los términos planteados por Yolanda sea posible hacerlo. Tal vez, si se establecen todas las determinantes de las formas, como por ejemplo: la situación particular del terreno, la trama urbana, la cantidad de volúmenes construido de tales o cuales características que se solicita, las relaciones entre las actividades que se desarrollarán dentro de ese volumen, maximizar ciertos espacios exteriores, maximizar el uso del suelo, en fin, todo este conjunto de determinantes nos va a generar ciertos volúmenes, ciertas formas. Ahora bien, conceptos como puntos de vista o jerarquías de espacio, son completamente subjetivos en estos momentos y no pueden introducirse como una ley. Más adelante, con el desarrollo de la teoría de percepción del espacio, que es esencialmente psicológica, obtendremos herramientas aptas para el análisis de estos conceptos. Por ahora no lo veo posible.

**JORGE POBLETE.** Las palabras de Yolanda tocan un punto muy interesante.

El espacio urbano es producto de una época, una época como un conjunto, como un sistema de tipo cultural, de tipo político-económico. Así tenemos una Edad Media con el gótico, antes tenemos un románico, un gótico alto, bajo, etc. El gran debate de nuestra época es cual va a ser su expresión arquitectónica. Por eso, cuando Yolanda intervenía, ya me preguntaba acerca de los símbolos que darían expresión a las funciones del presente así como las catedrales góticas o la Plaza de San Marcos en Venecia representaron las formas de vida del pasado; representaron el pensamiento y la acción de determinadas sociedades, tanto como la pintura, escultura y el resto de las manifestaciones artísticas de ese momento. ¿De qué manera, entonces, podemos hoy día los arquitectos entregar la información necesaria a estos modelos? ¿O es que estos serán solamente un auxiliar en manos del talento de los Leonardos o Miguel Angel del presente?

**MARCIAL ECHENIQUE.** La respuesta es difícil. Creo que no existe una teoría susceptible de aplicarse en los términos planteados por Poblete. Nadie se plantea esta necesidad cuando se actúa con autenticidad. La expresión emanará del empleo de las técnicas actuales o como respuesta a las auténticas preocupaciones del presente.

A mi me parece que uno de los errores comunes a nuestra generación es la búsqueda de una expresión formal, de símbolos desprovistos de significado. Ese es al menos mi punto de vista al respecto. Quizá subjetivo.

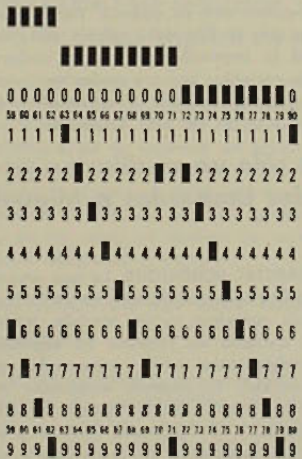
**RENE URBINA.** Pienso que el gótico o cualquier otro estilo del pasado, fueron una expresión genuina de sus respectivas condiciones. Si hubiesen existido las computadoras en esa época y el mandato que los arquitectos les hubieran entregado fuera el mismo que los inspiró en la creación de esas esbeltas formas en piedra, lo más probable es que la computadora hubiera entregado como resultado el mismo gótico que conocemos. Es decir, lo fundamental no está en el instrumento sino que en la programación de la máquina y ésta atribución siempre la ha conservado el arquitecto. Creo que los modelos matemáticos la sigue conservando, siempre que plantee en su programa los elementos esenciales y no introduzca de contrabando factores que no corresponden.

La arquitectura originada por estas herramientas contemporáneas será tan genuina como la gótica, que utilizó al artesano de la piedra instrumento disponible en su momento histórico.

**GONZALO MARDONES.** Estimo que el grueso de las interrogantes sometidas a Echenique inciden en los aspectos formales y de espacio, en circunstancia que nos estamos saltando una etapa previa al diseño y en la cual entiendo que la construcción de modelos es vital. Me refiero a la programación. Programación de viviendas de interés social, de radiación de centros escolares, de aglomeración de facultades o núcleos universitarios, de arquitectura industrial, en fin, una amplia gama de situaciones de programación, en las cuales no puede prescindirse del modelo a riesgo de improvisar. Sólo esta herramienta nos puede proporcionar la respuesta científica, matemáticamente exacta.

A mi me tocó participar recientemente en un problema que no tenía otra solución que recurrir a un modelo de transporte. Se trataba de establecer una red de graneros, las centrales de almacenamiento de maíz a lo largo del país, para lo cual disponíamos como antecedentes de las áreas cultivadas con maíz, de la ubicación de los centros consumidores y de la red vial entre las provincias de Aconcagua y Malleco.

El emplazamiento estaba determinado por mil factores: Primero, por el costo de una planta eficiente, en seguida, por la distancia a los centros consumidores y además por la distancia y el tipo de vías a los centros productores de maíz. Todo esto com-





plificado con numerosas variables relativas a los periodos de rotación de los cultivos según las zonas, etc. etc. En definitiva un sistema de ecuaciones inabordable con los métodos tradicionales. Nos encontrábamos impotentes de deducir el tipo de planta que necesitábamos: tantas en Santiago (5 o una sola de mayor tamaño), tales otras en tal provincia y vecinas al camino, etc. Sólo un modelo de transporte, (modelo ya conocido en otros países), nos entregó inmediatamente todas las alternativas. Una respuesta científica y se terminó la intuición.

Los arquitectos aquí en Chile, comenzamos a programar mediante estos procedimientos y yo le consultaría a Marcial sobre aplicaciones semejantes, y que, sin llegar a la sutileza de definir la forma de una ventana o las características del espacio, nos ofrecen un campo de aplicación práctica más preciso y de mayor urgencia.

Pienso que es indispensable aprovechar las experiencias provenientes de estos Institutos de alta especialización en otros países. Es posible que conociendo los alcances de estos 70 modelos actualmente utilizados en Estados Unidos, podamos discernir acerca de cuales de ellos son aplicables a nuestra realidad.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Experiencias semejantes a la expuesta por Mardones conozco muchas. Por ejemplo: localización de viviendas, localización de centros de servicio, localización de empleos, de las mallas de transporte; optimización de estas mallas, etc. Prácticamente en todos los problemas urbanos se recurre a esta herramienta y es el campo que más debiera interesarnos por cuanto es previo y determinante de las formas arquitectónicas.

Ahora, con respecto al empleo en Chile de los modelos desarrollados

## POBLETE: ¿Serán los modelos sólo un auxiliar en poder del talento de los actuales Leonardos o Miguel Angel?

en Inglaterra o U.S.A., es preciso advertir que no pueden trasplantarse indiscriminadamente. Deben adaptarse a cada realidad. Nuestras características socio-económicas, nuestra legislación, idiosincracia, son diferentes y por lo tanto habría que operar con este tipo de variables.

**GONZALO MARDONES.** Me gustaría aclarar la consulta. Confieso que, —tal vez por ignorancia en la materia—, yo tenía entendido que un determinado modelo, (por ejemplo, el establecimiento de una malla de circulación de vehículos), constituía un sistema dado de ecuaciones al cual se le asignan variables diferentes. En la investigación a la cual me he referido, las variables vendrían a ser la cantidad de habitantes de tal o cual estrato social, el número de individuos promedio que circula por vehículo, la cantidad de automóviles, las horas de mayor flujo, etc. Todos estos datos, como es natural, varían de acuerdo a la naturaleza de cada estudio, pero supongo que el sistema básico de ecuaciones se conserva.

## URBINA: Lo fundamental no está en el instrumento sino que en la programación de la máquina y esta atribución se mantiene en manos del arquitecto.

**MARCIAL ECHENIQUE.** En algunos aspectos, el planteamiento suyo es correcto. Efectivamente, optimizar una red de transporte incluye una serie de relaciones matemáticas que derivan en un auténtico problema de geometría y que pueden aplicarse en cualquier lugar. Pero hay otro tipo de relaciones, de carácter social que cambian substancialmente según cada realidad. Por ejemplo: el nivel de motorización de la población varía de acuerdo a los ingresos. El comportamiento social de un ciudadano chileno puede ser muy diferente al de un norteamericano aún cuando ambos pertenezcan a un mismo estrato. La accesibilidad al empleo y su relación con las zonas residenciales en fin, numerosas facetas del comportamiento social pueden variar y por lo tanto es imprescindible un estudio analítico de la realidad chilena para adaptarla a estos modelos.

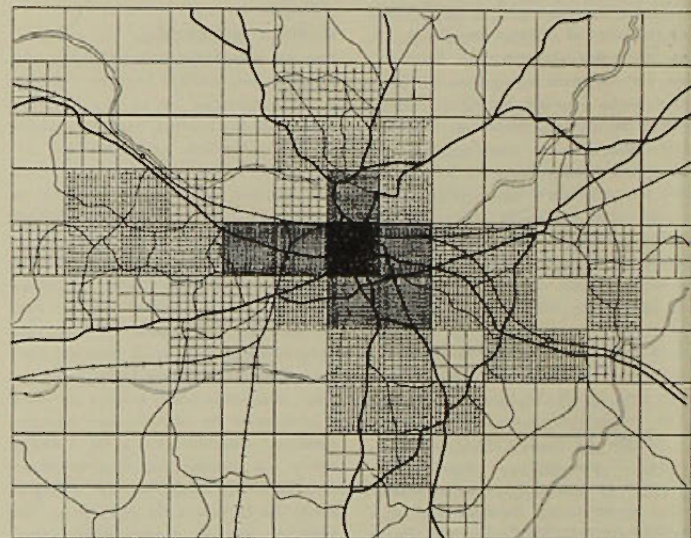
En todo caso, admito que buena parte de estas técnicas, que constituyen verdaderos teoremas, son aplicables en cualquier circunstancia.

**MARtha SCHTEINGART.** Me gustaría que nos explicaras algo acerca del tipo de variables que Uds. han manejado hasta ahora para abordar los problemas de planeamiento, de análisis urbano o arquitectónico. Qué limitaciones tienen este tipo de variables y cuales estimas que sería necesario introducir y qué causas impiden aún su empleo. Por el curso que tú has desarrollado acá, me da la impresión de que el número de variables con las cuales se opera no es tan grande y quisiera saber los motivos de esta limitación.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Lo que ocurre es que a mayor número de variables, más complejo es un modelo, hasta el extremo de requerir un segundo modelo para poder comprender el primitivo. Se necesita establecer un compromiso entre el número de variables y el fenómeno que se pretende estudiar y en consecuencia se seleccionan, mediante procedimientos científicos, aquellas variables estimadas como más representativas.

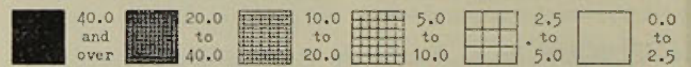
Las variables más comunes utilizadas por nosotros en los modelos simples de localización urbana son, en general, las siguientes:

- los empleos, distribuidos según la clasificación de Naciones Unidas y según su sexo.
- Los grupos socio-económicos, divididos según sus niveles de ingreso.
- Los niveles de escolaridad de la población.
- La composición y edad del grupo familiar.
- Los servicios, desglosados en públicos y privados y de acuerdo a una escala jerárquica (sean metropolitanos o locales). Aquí se consul-



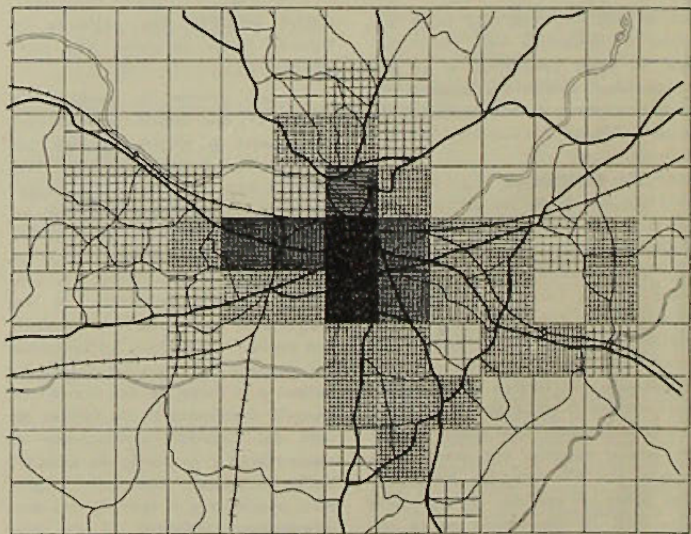
TOTAL FLOOR AREA (HECTARES)

REAL



TOTAL FLOOR AREA (HECTARES)

FINAL STOCK MODEL B1



Ciudad de Reading (Gran Bretaña).

Planos entregados por la computadora y que ilustran el análisis del capítulo "Stock". Cada celdilla corresponde a 1 Km<sup>2</sup>. Arriba los valores reales; abajo los correspondientes al modelo matemático desarrollado por los investigadores y en donde se confirma la veracidad de las hipótesis planteadas. (Ver artículo siguiente).



tan los servicios educacionales, hospitalarios, de abastecimiento etc.

—La infraestructura urbana: el suelo y sus características topográficas; la calidad de la edificación; el tipo de estructura y la edad de la edificación; la capacidad de la trama vial diaria.

—Los costos: ciertos costos de transporte, de edificación etc.

Esas son en rasgos generales, las variables que empleamos corrientemente. A menudo ocurre que, —por insuficiencia o dificultad para recolectar los datos— no podemos identificar claramente una variable. Se recurre entonces a lo que los Ingleses llaman una *proccis*, que consiste en llevar a cabo un muestreo mediante estadística y comprobar si una variable puede ser reemplazada por otra en forma similar, determinando incluso el margen de error. Las limitaciones dependen básicamente del grado de información que se disponga y por eso es muy importante para nosotros, los arquitectos, definir el tipo de información que necesitamos e influir en las autoridades que corresponda a fin de obtener la información. Menciona el Censo. En 1970 se realizará nuevamente y es posible que durante los 10 años siguientes, nos estemos arrepintiéndolo de no haber hecho conciencia acerca de la necesidad de ciertos datos. Por ejemplo, la localización de empleo, dato fundamental para el análisis urbano. El Censo sólo consulta el domicilio del encuestado pero no pide la señalización del punto de trabajo, con lo cual quedamos privados de conocer el desplazamiento diario de la población entre residencia y trabajo, origen de numerosos conflictos urbanos.

En cuanto a aquellas variables que anhelamos desarrollar pero con las cuales aún no operamos, señalo, por ejemplo, la reacción de la comunidad frente a determinados proyectos. Es indispensable conocer la acogida entre la población de la puesta en práctica de ciertas decisiones. Deberían emplearse para este efecto, las técnicas de Encuestas de opinión pública, (a la manera de las políticas), pero ocurre que estos sistemas son carísimos.

Otro tipo de variable muy difícil de determinar pero que deberíamos consultar para mejor éxito de los estudios, se refiere a la toma de decisiones. ¿En manos de quién está verdaderamente la decisión? ¿Quién las toma? ¿El presidente? los ministros? el poder local? ¿Cómo opera, en realidad, la estructura de poder en la Administración pública o semifiscal? Tales incógnitas son altamente interesantes y ya hay investigaciones al respecto pero insuficientes todavía para poder construir un modelo.

**MIGUEL LAWNER.** Sería importante conocer experiencias en el extranjero sobre esta materia. Aquí en Chile es frecuente que las decisiones emanadas de informes técnicos sean torcidas por la presión de los empresarios o industriales eventualmente afectados o por simples motivos políticos.

A su juicio, ¿Es esta una particularidad criolla o el fenómeno se observará también en otras partes?.

## ECHENIQUE: La concepción general de las formas puede emanar de un proceso matemático.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Eso no ocurre solamente en Chile y es la razón por la cual esta circunstancia debe considerarse desde la partida, a fin de estar precavidos e incluir en la investigación, las insuficiencias en la toma de decisiones. He visto algunos estudios al respecto, los llamados *modelos de decisión* en los cuales se desarrolla la teoría del juego presionando a la administración, pero estos estudios son aún muy teóricos y no es posible generalizarlos.

En Inglaterra, un alto porcentaje de las decisiones se toman en los organismos públicos. Todas las Municipalidades cuentan, por ejemplo, con departamentos de arquitectura, encargados de desarrollar los programas escolares o de vivienda y que son estudiados muy seriamente y ejecutados de acuerdo con la decisiones técnicas. Las presiones ajenas no parecen haber modificado las soluciones recomendadas por los técnicos. El caso más destacado ha sido la construcción escolar en la postguerra que se investigó con gran seriedad, recomendándose sistemas *standards* que hoy exhiben sus bondades a lo largo de todo el país. Estos sistemas se someten permanentemente a revisión a fin de renovarlos de acuerdo al avance tecnológico. Lo importante es que existe continuidad en estos estudios. Se trata de gente preparada en su materia y que acumulan experiencias en estas mismas oficinas.

Este punto me lleva a reflexionar acerca de los Concursos de Proyectos de Arquitectura o Urbanismo, cuya validez me permite cuestionar en determinados casos ya que se presentan a optar oficinas carentes de esta preparación básica que he mencionado.

Claro que si las bases del Concurso están fundamentadas en esos estudios, evidentemente que los criterios se mantienen. En todo caso yo me permito valorizar esta continuidad,

## GUTIERREZ: Me atemoriza la creación de una isleta de científicos aislados de su medio.

factor que ha sido decisivo en el progreso de Inglaterra.

**JOSE MEDINA.** Este asunto de los concursos me plantea una interrogante. En el proceso de modelos, existe la etapa de manipulación de datos, es decir, un equipo de técnicos puede manipular la información en forma muy diversa a otro y en consecuencia, las soluciones serán completamente distintas. Es la parte subjetiva del método científico. Por lo tanto, estos sistemas se prestan no para la modalidad de concurso tradicionalmente conocida por nosotros y en los cuales se solicita resolver las respuestas de forma o color a requerimientos de programas ya establecidos en las bases. No, yo preveo el sistema en el cual las bases constituyen las variables del problema y la manipulación de dichas bases vendría a constituir el concurso propiamente tal.

**MARCIAL ECHENIQUE.** En ese caso el conflicto se suscitara por la magnitud de la inversión necesaria para financiar las operaciones. Además, no contamos con suficiente número de profesionales capacitados para constituir tantos equipos de modo que este camino estaría limitado desde la partida. Insisto en que los programas masivos de escuelas, viviendas, hospitales deberían depender de los organismos especializados y capacitados en la materia y dejar los concursos para las obras simbólicas, tipo Edificio Naciones Unidas, y no para aquellas de alcance social.

## MIGUEL LAWNER

¿Qué perspectivas ves en cuanto a la formación del personal especializado en estos sistemas? De tus palabras se deduce que Chile está ausente de una técnica que comienza a generalizarse en el resto del mundo ¿Qué organismo debería asumir la responsabilidad de formar a estos profesionales?

**MARCIAL ECHENIQUE.** Creo que la Universidad es la entidad que debería jugar ese rol. Primero a nivel de post-gradó y más adelante en el curso de las carreras universitarias. En arquitectura, se podría introducir desde Tercer Año, pero el paso previo es la formación de docentes. Yo conozco muchos chilenos preparados al respecto y que se encuentran repartidos por todo el mundo. Muy po-

## MARTHA: La selección de determinadas variables y nó de otras, implica de partida una posición personal.

cos permanecen en el país y más que nada porque no hay conciencia, particularmente en los organismos públicos, de la urgencia en apretarse con estas herramientas. La Corvi, la Cormu, el MOP, etc. ya deberían contar con equipos propios y en ese caso, los técnicos no se verían obligados a emigrar.

**JAVIER GUTIERREZ.** A mí me interesa definir las posibilidades de aplicación práctica de estos sistemas en nuestras realidades. Yo he asistido a casi todo el curso dictado por Marcial y claro, mi primera impresión fué de que aquí no se podía hacer nada por carencia de datos o por que, tal como ya se ha señalado en esta reunión, las decisiones se adoptan por razones ajenas a la ciencia. Pero más adelante he meditado que esta situación debe modificarse. Debemos analizar nuestras limitaciones y hacer conciencia sobre la necesidad de emplear las herramientas más adelantadas. No veo otro camino para América Latina sumida en el subdesarrollo, y que al paso que vá, demorará 200 o 300 años en alcanzar el *standard* de los países más avanzados; situación que no podemos aceptar.

De manera que yo comparto la apreciación en orden a que mientras más

rápido adquiramos la alta tecnificación, más rápido podremos emerger del subdesarrollo. Pero, así mismo, estoy igualmente conciente de la necesidad de introducir cambios sociales fundamentales a fin de lograr el respeto por las decisiones científicas. Aquí, es cotidiana la frustración de los técnicos que observan como se vulneran sus estudios y no por desconocimiento de ellos. Sin haber dispuesto de esta técnica, la actual generación de arquitectos, que, al menos, aprendió a pensar, ha logrado definir y formular soluciones mucho más científicas. No obstante, siempre tropezamos con los obstáculos de su puesta en práctica.

No dudo de que, en el futuro, esta contradicción deberá desaparecer, pero mientras tanto, en esta etapa de transición, ¿en qué medida puede resolvernos nuestros problemas el empleo de estas herramientas, al margen de los cambios estructurales indispensables? Me atemoriza la creación de una isleta de científicos aislados de la realidad.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Reitero que en todo mi planteamiento he insistido en señalar el uso de los modelos no constituyen sino una herramienta, poderosísima sí, pero nada más que una herramienta en manos de individuos al fin al cabo. No son una solución en sí misma para los problemas que nos afligen. Nos ayudan con gran eficacia, a constatarlos, evaluarlos y recomendar los caminos más correctos, pero en definitiva, de la voluntad nacional dependerá su mayor o menor aplicación.

**MARTHA SCHEINGART.** Yo creo que si bien el uso de modelos matemáticos permite una descripción bastante objetiva de una realidad, el hecho mismo, implica de partida la sustitución de un esquema de valores. En algunos casos ese esquema de valores podría llegar a subestimar ciertas variables básicas para la comprensión del fenómeno urbano. Sobre todo, creo que ese riesgo es mayor en sociedades como la nuestra, donde quizás las variables manejadas en otros medios más desarrollados no son tan relevantes.

**MARCIAL ECHENIQUE.** Por supuesto el esquema de valores se expresa en la finalidad que se persigue con el uso del modelo; éste es sólo un medio y los peligros señalados evidentemente existen.

**MIGUEL LAWNER.** Estimo que el debate ha cumplido con nuestros propósitos. Sobre todo, nos ha motivado con las posibilidades abiertas en la actualidad al ejercicio de nuestra profesión, mediante el empleo de estas nuevas técnicas. Asimismo, ha quedado claro que el modelo es una herramienta y no un sustituto del arquitecto o planificador. Que su empleo, en algunos campos específicos, es indispensable, ya que permite afinar la exactitud de soluciones que afectarán a millares de individuos. Por último, no nos resta sino agradecer a todos nuestros invitados por su gentil cooperación.



## DETERMINACION DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL SISTEMA URBANO, POR EL USO DE MODELOS MATEMATICOS.

(APLICACION A LA CIUDAD DE READING-INGLATERRA)

MARCIAL ECHENIQUE, D. CROWTHER, W.

LINDSAY Y R. STIBBS.

DESARROLLO CONCEPTUAL Y METODOLOGICO.

COLABORACION DEL ARQUITECTO MARTHA SCHTENIGART.

El modelo estático, que se explicará sintemáticamente a continuación constituye una de las etapas en el desarrollo de un modelo comprensivo de la estructura espacial urbana.

Este modelo se caracteriza por considerar dos procesos interdependientes: el primero distribuye actividades en determinados sitios, de acuerdo a su relación funcional con otras actividades y a las restricciones impuestas por el "Stock" físico (edificios y redes de transportes) y el segundo localiza ese "Stock" físico respondiendo a las demandas de espacio de las actividades "dentro de los lugares" (empleo básico, residencia y servicios) y "entre lugares" (comunicaciones, transporte).

Estos dos procesos se representan por dos submodelos: el de Stock y el de "actividad".

El modelo simple estático, diferencia entonces tres tipos de actividades: empleo básico, residencia y servicios, y dos estructuras físicas: el área construida general, y la red de transporte.

El modelo simple dinámico, en cambio introduce el factor tiempo y ajusta la localización de residentes y servicios de acuerdo con los cambios en el empleo básico, transporte y disponibilidad de espacio.

Por último el modelo complejo dinámico introduce diferentes clases dentro de cada actividad que localiza, en un contexto dinámico, de acuerdo con sus relaciones con otras actividades, y están restringidos por el "Stock" diferenciado por su condición y tipo estructural.

**Modelo de Stock.** Este submodelo simula la localización del espacio construido en el área urbana para las actividades "dentro de los lugares". Los conceptos básicos se derivan del trabajo teórico Wings, Kain y Alonso. Así como las regularidades empíricas encontradas por C. Clark (1967). Después de obtenerse el índice de construcción en cada celda o unidad de análisis en que se ha dividido el área en estudio, la superficie total puede hallarse multiplicando dicho índice por el suelo disponible para uso, considerando a tal efecto, el suelo total menos aquellas áreas sometidas a controles de planificación y a accidentes geográficos.

El modelo multiplica el número de empleados en los lugares de empleo, por el área Standard por empleado, y distribuye esa área producto en proporción al terreno disponible en cada celda de destino y a la distancia a la celda de origen.

Esta superficie restringe la localización de residentes y actividades de servicio en el modelo de actividad.

**Modelo de actividad.** La estructura de este submodelo se basa en el modelo de Lowry (1964) en el cual dada la localización del empleo básico se determina la probable localización de actividades residenciales y de servicio. La relación entre lugares de empleo y residencias fué hallada por Hanser y Kain, quienes establecieron la importancia del viaje al trabajo en la localización residencial.

La relación entre la localización de población residencial y actividades de servicios ha sido desarrollada a partir de la ley de Reilly, de gravitación del comercio minorista.

Se entiende por empleo básico todo aquél relacionado con la producción de bienes de exportación. Se llama básico porque se supone que trae dinero a la ciudad.

El resto del empleo se considera no básico o de servicio ya que su rol principal en la economía de la ciudad es de servicio al sector básico.

Una vez localizado el empleo básico es posible obtener la población dependiente multiplicando esa cifra por la tasa de participación en el trabajo (personas por empleados). Esta población puede ser luego localizada en lugares de residencia por la distribución de viajes al trabajo.

La superficie requerida por la población residencial se obtiene multiplicando el número de residentes en cada celda por el Standard medio de espacio residencial.

Una vez localizado los residentes, el empleo de servicio para esa población puede obtenerse multiplicando por empleo de servicios la población residencial ( $N^{\circ}$  de empleados de servicio por residente).

El empleo de servicio se localiza por el viaje a los servicios, que en simple modelo estático es un modelo de "mercado potencial" calibrado a partir del análisis de viajes a servicios en el lugar donde se aplicará el modelo o en otros similares. El simple modelo gravitatorio no puede ser aplicada porque no tiene en cuenta las economías externas que las firmas obtienen cuando se agrupan. Así, este modelo tiene en cuenta el viaje del trabajo al servicio y las economías externas de agrupamiento. El área requerida para empleo de servicios se obtiene multiplicando este empleo por el Standard de espacio de servicio promedio.

El empleo de servicio desaloja a algunos residentes que son redistribuidos a lugares originales de empleo.

**Proceso iterativo.** El empleo de servicios y los residentes distribuidos a los lugares originales de empleo, forman el nuevo empleo para la nueva interacción. Esto genera una nueva población residencial que se vuelve a localizar como en el caso anterior, generando a su vez más servicio de empleo y así sucesivamente hasta que el sistema alcanza un estado de equilibrio.

La formulación matemática de este modelo estático simple se presenta en forma de matrices y se resuelve por medio de máquinas computadoras.

**Aplicación del modelo estático simple.**

Para probar el modelo estático simple se decidió estudiar una ciudad de tamaño medio, convenientemente aislada.

Se eligió, entonces Reading, ciudad que además presentaba una considerable cantidad de información disponible para 1962 y la gran parte de ella había sido transformada a escala de celdas cuadradas de 1 Km. de lado.

**La subdivisión del área.** En una malla de 130 cuadradas, cada uno de los cuales constituyó la celda o unidad mínima de análisis.

Se debió entre otras a las siguientes razones: 1.—Estas unidades de análisis permitan hacer más fácilmente comparaciones en el tiempo y en el espacio.

2.—Siendo el sistema abstracto e independiente de los límites geográficos y administrativos, no resulta afectado por los posibles cambios de esos límites. Es más neutral.

3.—Conceptualmente la presentación de los datos en una malla cuadrada corresponde exactamente a las matemáticas de cualquier modelo que se formula en una matriz de celdas.

Los datos requeridos son: Terreno disponible para construcción en cada celda, accesibilidad de cada celda a las demás, empleo básico en cada celda.

Además el modelo requiere valores para: Parámetros de las curvas de distribución. Standard de espacio por residente y empleado. Tres coeficientes. (índice de Sup. total construida por empleo básico, tasa de empleados de servicio por residentes).

La calibración de los parámetros estructurales es una de las tareas más delicadas y difíciles en la aplicación del modelo.

**Resultados de la aplicación del modelo.**

Los resultados del modelo estático siempre se comparan con los valores reales a través del cuadro y gráficos entregados directamente por la computadora.

Teniendo en cuenta las inexactitudes de los datos y las aproximaciones usadas en la calibración de los parámetros estructurales se consideran suficientemente buenos como para justificar nuevos desarrollos del modelo, en la aplicación a Reading.

Los resultados se presentan en dos partes: 1.— el modelo estático simple y luego algunas variaciones de las diferentes iteraciones.

Los resultados se aplican a la localización del espacio construido, de la población residencial y el empleo de servicios.

La prueba de confiabilidad entre el modelo y la realidad es el coeficiente de correlación  $R^2$ .  $R^2$  tiene una escala que va de 0=no correlación a 1= correlación óptima.

Se han presentado en el artículo precedente una serie de gráficos comparando los resultados del sub-modelo de "Stock" con los datos de la realidad. (Ver gráficos anteriores).

En ellos se observa la distribución del área construida en cada celda, expresadas a través de diferentes técnicas de representación, entregadas por la máquina computadora.

Idénticas series se dan para la localización de la población residencial y el empleo de servicios.

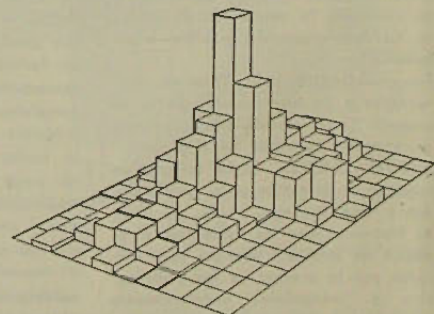
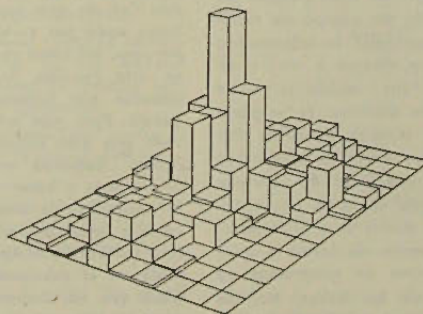


Gráfico Isométrico emitido por la computadora.

Corresponde al estudio de la ciudad de Reading y muestra los resultados del sub-modelo de "Stock". A la izquierda, los valores reales. A la derecha, aquellos provenientes del modelo matemático.