

SMART URBAN PLANING. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PLANIFICACIÓN URBANA.

Jorge Arribas Castañeyra, Arquitecto Investigador, Instituto Universitario Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Resumen:

Se trata de implementar instrumentos de Inteligencia Artificial en la Planificación Urbana. Esta investigación se enmarca en la Tesis Doctoral "Contribuciones a la Optimización en la Distribución de los Espacios Arquitectónicos". Desarrolla una metodología para la optimización de espacios arquitectónicos mediante algoritmos evolutivos. Dentro de la mayor escala del Método se encuentra la optimización de los espacios Urbanos. Trata de ofrecer una herramienta Inteligente a los urbanistas mediante la cual puedan detectar las soluciones óptimas de disposición y conformación del espacio Urbano. Ante unos parámetros geográficos físicos de la ciudad, un programa de necesidades urbanas y una elección de tipo funcionamiento de ciudad objetivo, la herramienta crea una población de posibles ciudades, las cuales compiten entre sí, para hallar la óptima. La óptima será aquella que cumpliendo todos los requerimientos solicitados por los urbanistas consuma el menor número de recursos. Entendiendo por recursos, la menor cantidad de suelo, al ser capaz de ordenar los diferentes tejidos urbanos construibles (edificaciones) mediante el menor número de vías de comunicación, y colocando los espacios libres (plazas y parques) y las infraestructuras urbanas (edificios de servicios) en las mejores situaciones. Una Smart City debe ser eficiente y ecológica. Si la ciudad está optimizada en la distribución de sus tejidos urbanos lo será. El costo de mantenimiento de la misma será menor y por tanto el gasto energético, tanto en su mantenimiento, como en su construcción.

Palabras clave:

Inteligencia Artificial, Planificación Urbana, Optimización, Algoritmos Evolutivos, Espacios Urbanos, Eficiente, Ecológico, Smart Planing, Ciudad óptima, Herramienta.

1.- INTRODUCCIÓN

La planificación urbana y territorial se realiza actualmente con herramientas tecnológicas CAD y GIS que se encargan del dibujo, representación y gestión de los datos y capas de Información presentes en el Territorio.

La presente Investigación trata de sentar las bases para el desarrollo de una Herramienta de Inteligencia Artificial que ayude a obtener la mejor disposición espacial de los tejidos urbanos. Se trata de incorporar una estrategia evolutiva al proceso de diseño, por medio del ordenador, mediante un método basado en técnicas de optimización que pueden ser aplicadas a la arquitectura, permitiendo proponer soluciones y optimizar cierto tipo de problemas urbanos. Para que un ordenador identifique la solución óptima se le debe dotar de un criterio objetivo para cuantificar las opciones. El criterio será aquella propuesta que consiga aportar la solución a la problemática urbana planteado con el menor consumo de suelo, es decir, producir un ciudad más compacta, lo cual se traduce en menor conste en infraestructuras de servicios (viario, transporte, abastecimiento), mejor movilidad y cercanía de los edificios administrativos, mayor aprovechamiento del espacio, menor coste energético, etc.

La Herramienta informática propuesta realiza la optimización en relación a los datos del entorno urbano, al programa de necesidades que se le solicite y al modelo de ciudad que se le requiera, todo ello bajo el cumplimiento de las normativas urbanísticas que procedan.

Por tanto, el objetivo será la optimización para obtener la ciudad más compacta posible, la cual se considerará la mejor. El programa lo realizará desde criterios numéricos cuantitativos. Los criterios cualitativos los definirá el urbanista, administración o promotor del desarrollo urbano. Mediante el modelo de organización: ciudad jardín, grandes manzanas, zonas libres concentradas o distribuidas, etc. definirá las necesidades básicas (tejido productivo de la ciudad, residencial, comercial, industrial) y el

modelo de ciudad. El programa se encargará de conformarlos y disponerlos de forma óptima, con el menor número de vías de comunicación y de espacios de servicios.

Ejemplo: Se propone una ciudad consolidada y se le solicita al Programa que nos aporte la solución óptima para el siguiente requerimiento:

- Proponer un ensanche para 30.000 viviendas y sus zonas de servicios necesarios.
- Proponer dos nuevas zonas industriales para unas 500 industrias.
- Proponer situación para nueva central de depuración de aguas.
- Reordenar vacíos urbanos para crear una red de espacios libres.

Se le proporciona al programa todos los datos de la ciudad actual: topográficos, propiedades, usos, tipos de suelos, etc. Además, se le podrá restringir la búsqueda a zonas determinadas o sin límites geográficos e introducir criterios económicos a la hora de determinar los óptimos: costes de suelos, etc. Ante los datos aportados el programa propondrá un desarrollo urbano en el que se ubicarán estas 30.000 viviendas consumiendo el mínimo suelo, con vías de comunicación optimizadas, una zona industrial y central de depuración situada en lugares poco molestos y que no colisionarán con los intereses del resto de la ciudad y una reordenación de espacios libres interna, todo ello de la forma más compacta.

2.- TEORÍA DE UNA PLANIFICACIÓN URBANA ALGORITMIZABLE.

Desde el apartado anterior, se ha acotado la metodología de la Herramienta de Inteligencia Artificial. En síntesis, va situando piezas de un *puzle urbano*, piezas que el promotor solicita que sean conformadas y dispuestas para ocupen el menor espacio posible. Es decir, da forma a las piezas y las coloca, además dispone y coloca a su vez las piezas extra necesarias para servir a éstas, es decir, vías de comunicación, edificios de servicios (colegios, hospitales, ayuntamientos, comercial etc.) y espacios libres. Se convierte por tanto en una herramienta de optimización espacial. Herramientas de este tipo ya existen en Ingeniería de almacenaje y logística.

Debe quedar claro que no sustituye al urbanista ni a su labor, dado que no propone modelos, es decir, no estudia la forma de vivir de las personas y sus relaciones. Es una herramienta de cálculo potentísima que puede ayudar a configurar mejor las ciudades y hacerlas más eficientes.

¿Cómo transmitimos todo el conocimiento Urbanístico al Ordenador? Debemos basarnos en una teoría de la planificación espacial urbana y ésta debe ser algoritmizable. Es decir, debe poder ser traducida al ordenador mediante unos algoritmos. Un Algoritmo Evolutivo es un método de programación adaptativo que puede usarse para resolver problemas de búsqueda y de optimización. Su estrategia está basada en los procesos evolutivos de los organismos vivos. Todo el conocimiento y características de los espacios urbanos deben ser sintetizados en Polígonos que contienen parámetros, como las células que forman parte de órganos que a su vez forman parte de un individuo. Diferenciando parámetros de conformación interior de los mismos y parámetros de relación con el resto de los polígonos.

No se considera necesario explicar la complejidad y la infinidad de posibles soluciones a un mismo problema. ¿Cómo hallar la solución óptima entre las infinitas posibles? La herramienta utiliza Algoritmos Evolutivos. La mayoría de problemas de optimización se compone de tres elementos básicos. El primero es la función objetivo que queremos maximizar o minimizar, el segundo elemento es la designación de un conjunto de variables de diseño que afectan el valor de la función objetivo, y el tercer elemento es la determinación de un conjunto de restricciones que permiten a las variables de diseño tener ciertos valores. Los algoritmos operan produciendo aleatoriamente una cierta cantidad de modelos, o posibles soluciones a un problema. Cada una de estas soluciones está codificada de alguna manera, y son evaluados cuantitativamente bajo una función de aptitud. Esto es, con las condiciones dadas se propone un conjunto de ciudades posibles combinando los Polígonos (cumpliendo sus condiciones de forma y de contacto), esto es lo que se denomina Población (nube de posibles ciudades objetivo). Se evalúan las ciudades en función al consumo de suelo ó coste de ejecución (función objetivo), las ciudades óptimas

mutan ó se cruzan entre ellas, transmitiendo las mejores cualidades. Al final del cálculo, cuando tras un número de generaciones no se consigue una valoración mejor, las ciudades que resultan expresan las soluciones óptimas.

3.- CASUÍSTICA EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y URBANA.

La Herramienta, para ser eficaz, debe ser capaz de acoger toda la casuística de la planificación territorial. Centrándonos en la planificación urbana hay que entender que en el desarrollo urbano confluye una lucha de intereses: la correcta conjunción de estos conlleva a un adecuado desarrollo urbano. Por un lado, el interés general velará por la adecuada ordenación de los espacios y los mínimos de calidad, frente al interés particular de los promotores económicos que aspirarán a sacar el máximo rendimiento a sus inversiones inmobiliarias. La administración velará por el interés general ordenando los espacios y los promotores invertirán el capital para el desarrollo de las mismas. La correcta conjunción de ambos intereses conformará ciudades ordenadas y completas. Un incorrecto entendimiento entre ambos, producirá ciudades con grandes huecos urbanos, falta de infraestructuras, especulación, etc.

En general se ha concentrado la casuística en cuatro grupos, de forma que, si el procedimiento optimizador puede modelarlos, se considera que será capaz de resolver cualquier problema de distribución espacial. La diversidad de los problemas planteados resulta de:

a) Diversidad de Actividades realizables en los tipos de Suelo. Todo tipo actividad requerirá de sus espacios específicos.

b) Diversidad de Usuarios de los tipos de suelo. Todo tipo de usuario requerirá una relación de circulación diferente entre los tipos de suelo. Varios usuarios distintos pueden utilizar el mismo espacio con necesidades no necesariamente confluyentes

c) Diversidad de Problemáticas de Contorno de Parcela. Todo tipo de parcela y su relación con el entorno.

d) Diversidad de Función Objetivo en la Búsqueda del óptimo. Todo tipo de interés solicitado por el promotor.

El método debe recoger toda esta diversidad y ser capaz de dar una solución óptima. No es lo mismo la resolución de una zona industrial en la periferia que un waterfront.

4.- SISTEMAS URBANOS Y SU OPTIMIZACIÓN. ANALOGÍA BIOLÓGICA.

Supongamos que establecemos una analogía biológica, sea una CIUDAD como un SER VIVO. Vamos a describir su anatomía y plantear la casuística de su creación desde esta perspectiva.

Este “organismo” contendría **sistemas funcionales**. Existen tres tipos principales de células dentro de un individuo, que constituyen a su vez sistemas con una función definida dentro del mismo.

a) Sistema Productivo: Está constituido por todas las parcelas urbanas con valor económico (explotables), es decir, residencial, comercial, oficinas, industrial, etc. Se definen en el programa de necesidades y son los que aportan valor a la CIUDAD. En la optimización son los que hay que maximizar. Conseguir introducir la mayor superficie en tejido productivo es el objetivo final de la optimización.

b) Sistema Respiratorio: Son todos los espacios libres necesarios para dar servicio y buen funcionamiento al sistema productivo. La optimización consistirá en minimizar los mismos (cumpliendo estándares normativos) cediendo más espacio para el tejido productivo.

c) **Sistema Circulatorio y de Servicios:** Son todas las parcelas necesarias para el funcionamiento del tejido productivo. No están definidas en el programa de necesidades y se deben concentrar y optimizar para ceder el máximo espacio al tejido productivo. Podemos dividirlos a su vez en:

c.1) Sistema Circulatorio: El sistema de comunicación entre las parcelas. Viario, peatonal, marítimo, etc.

c.2) Sistema de Servicios: Se trata de todas las parcelas complementarias necesarias para que funcione el tejido productivo. Son todos los suelos destinados a Servicios Urbanos, suministros, educación, etc.

Todo polígono de suelo en la ciudad va a quedar clasificado dentro de las anteriores tres categorías de sistemas funcionales, que no se corresponden estrictamente al modo tradicional de clasificación del espacio.

Sistema Respiratorio + Sistema Circulatorio = Espacio Libre

Sistema Productivo + de Servicios = Espacio Construido.

La suma del espacio ocupado por los diferentes sistemas será igual a la superficie del Polígono Contorno de la ciudad. La relación porcentual y óptima entre los sistemas funcionales variará según el tipo de ciudad y las necesidades de la misma.

Sistema Productivo → Maximizar.

Sistema Respiratorio → Minimizar.

Sistema Circulatorio y de Servicios → Minimizar.

5.-DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL PROBLEMA.

Dentro de un entorno normativo (1), dada una parcela (2) y unos requerimientos de Programa (3) obtener la mejor distribución de los espacios en planta según una función objetivo (4).

El modelado del problema consistirá en convertir los datos iniciales (1, 2, 3) provenientes del Lenguaje Arquitectónico al Lenguaje Geométrico que necesita la Máquina.

Se sintetiza en sentido geométrico el problema:

(3) Programa de Necesidades → Listado de Tipos de Polígonos a distribuir.

(2) Contorno de Ciudad → Listado de Polígonos fijos que definen los límites de la Ciudad.

(1) Entorno Normativo → Normas Urbanísticas que definen forma y posición de los polígonos a introducir.

Dados unos tipos de polígonos cada uno de ellos con unas normas de formación y posición, dada un área para su formación y colocación, se ha de encontrar la combinación de polígonos a introducir tal que su posición final genere la sumatoria mínima de contactos entre ellos.

6.- FASES DE MÉTODO.

El método se divide en dos fases principales: Generación de Individuos (Ciudades) y Búsqueda del Individuo Óptimo.

FASE 1.- GENERACIÓN DE CONJUNTOS DE DATOS:

A.- MODELADO DE DATOS. Generación de los conjuntos de datos para la máquina distribuidora.

-Generación del Programas de Necesidades Completo de la ciudad.

- 1-Generación del P.N. Básico.
 - 2-Generación del P.N. Espacios Libres.
 - 3.-Generación del P.N. Espacios de Circulación.
 - 4.-generación del P.N. Espacios de Servicios.
- Generación del Cuadro de Datos que configuran las opciones.

B.- MATERIALIZACIÓN. DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA DEL INDIVIDUO.

- Se introduce cuadro de datos máquina.
- Se obtienen individuos como Distribuciones Óptimas.

FASE 2.- BUSQUEDA DEL INDIVIDUO ÓPTIMO.

- Se evalúan las ciudades generadas.
- Se premian las mejores.
- Se generan nuevas ciudades a partir de cruces y mutaciones, explorando las mejores ramas. (P.N.B y O.F.)
- Se detiene la búsqueda cuando ya no encontramos mejores individuos, cuando la población se estanca un número determinado de generaciones.

Se modela el conjunto de datos 1, se materializa y evalúa, se modela el conjunto de datos 2 y se materializa y evalúa, de esta forma continuamos generando conjuntos de datos, materializándolos y evaluándolos. En principio se generan éstos al azar, es decir, generando PROGRAMAS DE NECESIDADES al azar y su MODELO FUNCIONAL a partir del mismo al azar. De los conjuntos de datos creados, optimizados y evaluados, se conocerán los mejores y por tanto que Programas de Necesidades Funcionan mejor y generan mejores distribuciones urbanas. Con estos individuos mejores, se trabajará tomando sus P.N.B. y buscando las ramas mejores.

7.- CONCLUSIONES.

7.1.-MÉTODO BASADO EN TEJIDOS URBANOS.

Uno de los objetivos del método es que la *máquina* entienda los tejidos urbanos. Y por ello, al nombrar un tejido, la máquina reconocerá cuáles son sus características, con quién se relaciona, cuál es su lugar dentro de un Modelo Funcional de la Ciudad, qué usos y usuarios contiene, cuál es su relación con el exterior, etc. El hecho de que la *máquina* entienda los tejidos permite que al modificar algo de la Ciudad, ya sea de la planta acabada, del modelo funcional o del programa de necesidades, produzca una reordenación lógica de todos los tejidos. Aplicamos la definición de “entender” número diecisiete de la Real Academia de la Lengua: “*Saber manejar o disponer de algo para algún fin*”.

Todos los procedimientos están basados en transformar cualquier dato en un polígono o en característica de ese polígono urbano. No existen otros elementos. Esta aportación conceptual en el modo de trabajar automatizado le ofrecerá gran flexibilidad tanto en su funcionamiento como en la salida de resultados.

7.2.- MÉTODO DE AYUDA A LA PROYECTACIÓN URBANA.

Este es un Método acotado a la Proyección Urbana. Así lo entiende la *máquina*, su fin último es el desarrollo de una distribución de polígonos y tejidos urbanos optimizados. Queda fuera de este método el desarrollo de los conceptos de belleza, estética, etc. que engloben aspectos más allá del desarrollo en planta de la ciudad.

- 1.- Al eliminar el costoso trabajo de la distribución que supone en el estudio muchas horas de prueba y error, los urbanistas se pueden dedicar directamente a los aspectos más creativos.

2.- El Proyectista puede introducir una línea, dibujo, intuición en la Ciudad y dejar que la máquina realice la distribución con ella, en un proceso interactivo muy interesante, donde a solicitud del promotor la herramienta generará varias propuestas, que se pueden ir adaptando y mejorando.

El Tipo de Tejido Urbano puede quedar definido porque suele utilizar un Programa de Necesidades y un Modelo Funcional característico.

7.3.- MÉTODO BASADO EN ALGORITMOS EVOLUTIVOS.

Desde el aspecto Conceptual y el aspecto Resolutivo.

El método toma conceptos de Biología Evolutiva para poder explicar la diversidad y complejidad de la Proyección Urbana. Entendemos la planta de la ciudad como un individuo. Este individuo está compuesto como unidad mínima por células que son las parcelas urbanas, cada una con sus características y funciones. Un grupo de Células forman un sistema funcional dentro de la Ciudad, que puede ser Sistema Productivo, Sistema Respiratorio, Sistema Circulatorio, etc. Cada sistema está compuesto por órganos, unidades funcionales independientes dentro de la ciudad, barrios, etc. A nuestro parecer muy útil para entender el funcionamiento de una edificación como si fuera un ser vivo. De aquí, conceptos como individuo viable (Ciudad Viable), si cumple con las condiciones impuestas por el entorno, individuo óptimo (Ciudad Óptima) si es el mejor en esas condiciones.

A la vez desde el punto de vista puramente técnico de resolución de una ciudad, utilizaremos los algoritmos genéticos para obtener los resultados. Para poder explorar toda la gama de soluciones necesitaremos de esta herramienta. Cogeremos individuos (posibles ciudades) de diferentes ramas de programas de necesidades y sub-ramas de tipos de Modelos funcionales, se valorarán las mismas y las más óptimas se cruzarán o mutarán hasta encontrar los óptimos.

7.4.- LA FORMA DE LO ÓPTIMO. LA PERSPECTIVA ECOLÓGICA.

Como se ha expuesto anteriormente, el debate “forma – función” ha sido y es un debate que se da dentro de la crítica de la ciudad. Históricamente ha habido grandes arquitectos que han defendido que la forma debe seguir a la función. La forma de la Ciudad debe ser reflejo del funcionamiento interno.

La optimización del diseño de ciudades se propone como una herramienta para lograr el mejor resultado posible en el rendimiento, la máxima eficacia y el coste más bajo. Frente al derroche de forma, reivindico la “forma de lo óptimo”. Por ello entiendo que una ciudad será ‘óptima’, es decir con espacios construidos óptimos necesarios para realizar su función, aquella que menos recursos consuma. Por recursos me refiero, a menos suelo, menos materiales de construcción, menos gastos en transporte de materiales, menos CO2 y en definitiva una construcción más ecológica y sostenible. La forma de lo “Óptimo” es a su vez la forma más ecológica de construir y ello no debe entrar en conflicto con la belleza, la originalidad, la comodidad o la vanguardia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis directores de Tesis, los catedráticos D. Gabriel Winter Althaus y D. Mario Hernández del Departamento I.U. Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, que con tanto entusiasmo y complicidad me acogieron como *Pensador Intruso*¹, convencidos como yo de la necesidad de plantear sinergias interdisciplinares que posibiliten la apertura hacia nuevos caminos del conocimiento.

¹ Wagensberg, Jorge. 2014, El pensador intruso: el espíritu interdisciplinario en el mapa del conocimiento. Barcelona. Tusquets.