

**CUADERNOS  
DE INVESTIGACIÓN  
URBANÍSTICA**

**10**

**CÁLCULO DE LA ENTROPÍA  
PRODUCIDA EN  
DIVERSAS ZONAS DE MADRID**

**José Fariña Tojo**

**CÁLCULO DE LA ENTROPÍA  
PRODUCIDA EN  
DIVERSAS ZONAS DE MADRID**

Este trabajo es parte de la tesis que, para la obtención del diploma de Técnico Urbanista, leyó su autor el 16 de Marzo de 1976 en el Instituto de Estudios de Administración Local.

**JOSÉ FARIÑA TOJO**  
Diciembre de 1998

**CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA**

Director	José Fariña Tojo
Coordinadora de producción	Ester Higuera García
Diseño y diagramación	Ricardo Alvira Baeza
Selección de trabajos	Comisión de Doctorado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la ETSAM (DUyOT)
Edición	Instituto Juan de Herrera
Redacción y distribución	Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera (SPyOT), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Avenida Juan de Herrera 4, 28040 Madrid

**© COPYRIGHT 1995**  
**JOSÉ FARIÑA TOJO**  
2ª edición

Depósito Legal: M - 46056 - 1998  
I.S.B.N.: 84-89977-55-0  
Edita: Instituto Juan de Herrera  
Imprime: **FASTER**, San Francisco de Sales, 1

## ÍNDICE

1	Justificación	5
2	La ciudad como fuente de información	5
3	La entropía y la ciudad	9
4	Tratamiento matemático de la entropía	17
5	Planteamiento metodológico	21
6	Las zonas elegidas	25
7	Variables e intervalos	30
8	El desarrollo del trabajo	37
	8.1 La elaboración de los datos	48
	8.2 Cálculos realizados	50
	8.3 Totales obtenidos	53
9	Conclusiones	58
	Notas	66
	Referencias bibliográficas	71

### RESUMEN

El enfoque de la ciudad como fuente de información, así como la tendencia a la utilización de técnicas cuantitativas corresponde más bien a las preocupaciones sentidas en diversos sectores del urbanismo durante los años 60 y 70 del presente siglo. En este contexto hay que entender el presente trabajo realizado a lo largo de los años 1975 y 1976. El principal interés de su publicación en estos momentos se deriva del hecho de la relación tan estrecha que existe entre el concepto de entropía y los de complejidad, incertidumbre, diversidad y azar, tan de actualidad en el presente. Más que un análisis propiamente semiológico, las páginas que siguen pretenden una ejemplificación del significado urbanístico de algunos de los citados conceptos. Probablemente, aparte del acercamiento estadístico que se intenta en el trabajo, actualmente podrían plantearse otras vías matemáticas basadas en la teoría del caos. Sin embargo, parece importante el conocimiento del análisis realizado para poder plantear otros intentos de forma más controlada.

La finalidad principal fue la de conseguir un método operativo del cálculo de la entropía y, subsidiariamente, el establecimiento de comparaciones según los valores obtenidos. Se proponen dos métodos diferentes de cálculo, el llamado de "los itinerarios" y el de la "medida global". El que finalmente se utiliza es este último, con

el que se obtienen una serie de valores de la entropía para determinadas variables. Del análisis de estos valores destaca el hecho de que, a pesar de las diferentes características de partida de las áreas históricas, con el tiempo parece que las entropías tienden a igualarse, aunque cuanto más antigua sea una zona su entropía sea mayor. Además, destaca el hecho de que las zonas planificadas presentan diferencias de entropía muy acusadas frente a las no planificadas que son más uniformes. Por último, y como era fácilmente previsible, las estructuras lineal y radioconcéntrica obtienen valores muy superiores a la cuadrícula.

**ABSTRACT**

*The issue of city as an information source and the use of quantitative methods in its analysis fits in the sixties and seventies urban debate. Both are the frame to the present study developed during 1975 and 1976. However, the current interest on concepts like complexity, uncertainty, diversity or hazard has made interesting the edition of this research about urban entrophy, a concept closely related to them. In fact this paper try to exemplify the urban meaning of some those concepts and probably the statistical way adopted can be usefully complemented with the current mathematic ways based on chaos theory.*

*The aim of the research is to build an operative method for defining and calculating urban entrophy, using it afterwards to compare different urban areas. Two methods are proposed, the "itinerary method" and the "global measure method". The global measure method is selected and applied to several variables and cases.*

*The main findings of the study are: historical areas entrophy tends to similar values however their different origins; planned areas have very different entrophy values, while non planned ones have relatively uniform values; finally, as it was expected, linear and radiocentric urban structures get higher entrophy values than reticular ones.*

## **1 JUSTIFICACIÓN**

El enfoque de la ciudad como fuente de información corresponde más bien a las preocupaciones sentidas en diversos sectores del urbanismo durante los años 60 y 70 del presente siglo. Asimismo, la tendencia a la utilización de técnicas cuantitativas responde también al citado momento. En este contexto hay que entender el presente trabajo realizado a lo largo de los años 1975 y 1976, y leído entonces como Tesis para la obtención del diploma de Técnico Urbanista del Instituto de Estudios de Administración Local, consiguiendo la máxima calificación, así como el primer premio de Tesis de Diplomados. Desafortunadamente, y debido probablemente a la penuria de lugares donde publicar en España trabajos de investigación urbanística sin aplicación directa, no había sido publicado.

Su principal interés en estos momentos se deriva del hecho de la relación tan estrecha que existe entre el concepto de entropía y los de complejidad, incertidumbre, diversidad y azar, tan de actualidad en el presente. Más que un análisis propiamente semiológico, las páginas que siguen pretenden una ejemplificación del significado urbanístico de algunos de los citados conceptos. Probablemente, aparte del acercamiento estadístico que se intenta en el trabajo, actualmente podrían plantearse otras vías matemáticas basadas en la teoría del caos. Sin embargo, parece importante el conocimiento del análisis realizado para poder acometer estos intentos de forma más controlada.

El trabajo se publica casi tal y como se encontraba cuando se escribió. Es decir, prácticamente sin actualizar, ni el texto, ni las notas, ni la bibliografía. Esto se hace así, por una parte debido a la necesidad de respetar las bases del concurso de Diplomados a las que concurrió en su momento; y por otra, al hecho de mantenerse todavía la originalidad de su planteamiento. Sin embargo, en esta publicación solamente se han respetado íntegramente aquellos epígrafes con mayor interés en los años 90, eliminando o resumiendo el resto, de forma que las originales 280 páginas han quedado reducidas a menos de 70.

## **2 LA CIUDAD COMO FUENTE DE INFORMACIÓN**

La Teoría de la Información, o de la Comunicación<sup>1</sup>, según su amplitud o las personales preferencias de los autores, tiene ya, a pesar de no contar ni con medio siglo de existencia, un cuerpo bibliográfico y de estudios realmente importante. Nacida para solucionar problemas de telecomunicación, es precisamente en este ámbito<sup>2</sup> donde había de conseguir sus mayores triunfos: el establecimiento de la capacidad de canal, en particular el número de dígitos necesarios para transmitir información de un generador dado, y la demostración de que un canal con ruidos tiene una velocidad de información en bits por letra o en bits por segundo hasta la

cual es posible la transmisión a pesar del ruido<sup>3</sup>.

Sus conexiones con la Física y el concepto de entropía<sup>4</sup> parecieron propiciar desde el comienzo una tendencia a su generalización y aplicación indiscriminada a todo tipo de problemas, en particular psicológicos<sup>5</sup> y semánticos<sup>6</sup> que condujeron directamente a su descrédito. A pesar de ello se trata de un instrumento muy interesante para poder abordar algunos problemas desde el punto de vista del urbanismo. Aunque, según las definiciones de semiótica de Saussure<sup>7</sup> y Pierce<sup>8</sup> deberían excluirse de la misma estos estudios meramente cuantitativos, o aquellos neurofisiológicos<sup>9</sup>, las investigaciones cibernéticas aplicadas a los seres vivos<sup>10</sup>, así como las genéticas<sup>11</sup> hay una serie de autores que piensan por el contrario que las investigaciones sobre este umbral han de servir fundamentalmente para acotar su campo desde el exterior<sup>12</sup>.

Y es que se hace necesario advertir que el significado que se atribuye al término información en el ámbito de la teoría es mucho más amplio que en el lenguaje corriente. Sí, porque la información puede darse también entre seres no vivos, ya que se trata simplemente de una medición cuantitativa que depende de la disminución de la incertidumbre<sup>13</sup>. Precisamente a causa de no tomar en consideración ningún valor cualitativo se pueden cuantificar las informaciones.

Las aportaciones más importantes proceden de Fisher en las relaciones de la teoría de la Información con la Estadística clásica, de Shannon en los estudios del problema de la codificación y de Wiener en los referentes al ruido y mensaje en los filtros electrónicos<sup>14</sup>.

## Cantidad de información

En términos sencillos podríamos definir la cantidad de información, o información recibida, como el logaritmo de un quebrado cuyo numerador sería la probabilidad de realización de un acontecimiento en el receptor después de la recepción del mensaje, y en el denominador la probabilidad de realización de un acontecimiento en el receptor antes de la recepción del mensaje. Si tenemos certeza de que el mensaje recibido es el correcto, el numerador se hace igual a uno y entonces la cantidad de información es igual a menos el logaritmo de la probabilidad de realización del acontecimiento<sup>15</sup>. El signo menos aparece al pasar el denominador al numerador. Queda entonces claro que la información es una función logarítmica de una probabilidad.

Así definida y enfocada, la teoría de la Información se aleja radicalmente de otro tipo de discurso propuesto por diferentes autores. Por ejemplo, Torres Padiá, en su libro "Teoría de la Información" nos da la siguiente definición de la misma: "Información es decir algo que no se conoce, nuevo y distinto, pero diciéndolo con originalidad, con penetración, para que quede grabada en nuestro cerebro y perdure. ¿Qué es información?. La cantidad de noticia que tienen los mensajes informativos"<sup>16</sup>. O Uscatescu: "En efecto, ninguna actividad humana se encuentra mejor integrada en una filosofía de la ambigüedad que la información. Por la confusión semántica y el carácter deformante de los significados, por sus conexiones con las paradojas de la conciencia, por los condicionamientos que produce en la comunicación humana, la

Información determina una buena parte del carácter ambiguo, crítico, instrumentalizado, ideológico de la cultura"<sup>17</sup>. Está claro que al contrario de estos escritos, cualitativos, enmarcados en un sistema filosófico o existencial, los realizados en este trabajo van por caminos diferentes.

## **Monotonía y componente lúdica**

Tanto arquitectos como urbanistas, en general diseñadores de todo tipo, se han encontrado siempre en un determinado momento con un concepto que, a su vez, engloba a otros y que se podría llamar monotonía. Se dice en ocasiones: "Este barrio es monótono". Analizando el concepto de monotonía y su contrario el de variedad, se llega fácilmente a relacionarlos con el de probabilidad. Aparentemente quiere decir que una cantidad de información muy grande implica una monotonía muy pequeña, ya que corresponderá a una equiprobabilidad. A la inversa, una cantidad de información muy pequeña corresponderá a una monotonía muy grande ya que las probabilidades serán muy diferenciadas.

Sin embargo, esto no es tan claro y sencillo. Más adelante se verá que un nivel de reconocimiento implica la existencia de un código y que la mayor o menor determinación de este código, o lo que es lo mismo, las asignaciones de probabilidades realizadas, son las que verdaderamente van a incidir sobre el grado de monotonía creado. Esto quiere decir, ni más ni menos, que así como una cantidad de información muy pequeña corresponde a una gran monotonía ya que de inmediato entendemos el mensaje eliminándose prácticamente la componente lúdica del mismo<sup>18</sup>, una cantidad de información máxima producirá un efecto análogo al hacer casi imposible su recepción.<sup>19</sup>

Quizás se pueda emplear, por tanto, la cantidad de información como índice para medir la monotonía. Más adelante se estudiará el tema que ahora queda simplemente esbozado, para volver a la teoría, ya que antes de concretar el problema particular del trabajo es necesario, aunque sea en forma sucinta, dar algunos conceptos y precisiones más.

Sea una fuente de información emitiendo una secuencia de símbolos pertenecientes a un alfabeto finito y fijo. Los símbolos emitidos serán además estadísticamente independientes. Una fuente de tales características se conoce como fuente de memoria nula y puede describirse completamente mediante el alfabeto fuente y las probabilidades con que los símbolos se presentan<sup>20</sup>. Hay otro tipo de fuentes denominadas de Markov, en las que la probabilidad de emisión de un símbolo depende de los símbolos que se emitieron con anterioridad. En cierto modo la fuente tiene memoria y recuerda los símbolos que emitió a la hora de emitir uno nuevo. En este tipo se considera que la fuente se encuentra en un estado y al emitir un símbolo cualquiera, simultáneamente pasa a adoptar otro<sup>21</sup>. Dentro de las fuentes de Markov, están aquellas que observadas durante un tiempo suficientemente largo, emiten con probabilidad una secuencia típica de símbolos. Se trata de las llamadas fuentes ergódicas.

Las fuentes ergódicas<sup>22</sup> tienen enorme importancia ya que prácticamente casi todas las existentes son de este tipo. Tienen además una propiedad que posteriormente se revelará como sumamente útil: la distribución de probabilidades de un conjunto de estados que se presentan



después de producirse un gran número de transiciones no depende de la distribución inicial con que son elegidos los diferentes estados. Parece ser que existe una distribución de probabilidades única para un conjunto de estados<sup>23</sup>. Esto va a permitir acometer su cálculo con mucha mayor sencillez ya que puede realizarse directamente a partir de las probabilidades condicionales de los símbolos.

### **La ciudad como fuente de información**

Si se considera a la ciudad como fuente de información es claro que se trata de una fuente de tipo ergódico y no de memoria nula. Cada una de las informaciones que va dando sucesivamente en el tiempo vienen condicionadas por las anteriores. En concreto, por determinadas variables. Es además, obviamente, de tipo estacionario, ya que para no serlo habría de asimilarse a una de tipo matemático sumamente abstracto, y no real y físico.

Sin embargo, partir así, sin más, de la ciudad como fuente absoluta podría conducir directamente a negar la posibilidad de obtener una probabilidad global o total del conjunto de la misma, o bien de un barrio, o bien de un distrito. ¿Cuántas variables considerar y cuales: los árboles, los tipos de bordillos, el ritmo de las ventanas, la aparición de una determinada moldura?. Parece que planteada en estos términos la posibilidad es utópica. Se demostrará más adelante que no, y que incluso a nivel de información global es factible su cálculo. Pero el problema del presente estudio es diferente, y en apariencia más sencillo. Se trata del estudio de la estructura urbana (el concepto de estructura al que se refiere este trabajo de investigación es el derivado de la teoría de sistemas y no estrictamente el considerado en la literatura urbanística) de una ciudad, y para ello bastará con el cálculo de la información suministrada por unas cuantas variables solamente.

La elección precisamente de la estructura urbana y no de otra característica, se debe exclusivamente a las posibilidades prácticas que manifiesta. Parece, en efecto, que a lo largo de la historia de una ciudad existe un cierto principio de permanencia o estabilidad de determinados elementos estructurales. En particular de sus vías<sup>24</sup>. Fenómeno estudiado entre otros por Torres Balbás para las ciudades hispanomusulmanas<sup>25</sup>. Así como otras características de la ciudad: hitos, nodos, tipos de edificación, materiales, color, etc., varían a ritmo muy rápido en el tiempo, la estructura en sí es de ritmo mucho más lento en su evolución. Gracias a esto, y limitando el estudio exclusivamente a la misma, se podrían investigar las zonas más antiguas y más modernas del casco de una población para poder llegar a obtener comparaciones válidas en unas épocas y otras.

Con objeto simplemente clasificatorio se consideran tres subcomponentes en la estructura urbana: trama (componente corrientemente aceptado desde el punto de vista urbanístico), granulado y textura (referentes más bien a lo que se entiende por tejido). La trama es la forma de organización general: lineal, radioconcéntrica, mallada, etc.<sup>26</sup>; granulado consiste en el grado de finura y tosquedad de una zona urbana, y la textura el grado de combinación de los elementos sutiles y groseros<sup>27</sup>. La consideración de otros elementos en el análisis visual urbano<sup>28</sup> no será objeto del trabajo. Esta división se revelará, discusiones sobre su validez teórica aparte, sumamente práctica a la hora de elegir las variables consideradas.

### 3 LA ENTROPÍA Y LA CIUDAD

Una de las nociones básicas de la mecánica estadística, que también tiene importantes aplicaciones en la mecánica clásica, es la de entropía. En principio se trata de una propiedad de las regiones del espacio fase y expresa el logaritmo de su medida de probabilidad<sup>29</sup>. "Así como la cantidad de información de un sistema es la medida de su grado de organización, así la entropía de un sistema es una medida de su grado de desorganización y la una es simplemente la negativa de la otra"<sup>30</sup>. Sin embargo, las discusiones sobre la relación entre información y entropía todavía permanecen, así que se indicarán, además de las de Wiener, ya vistas, las explicaciones de Brillouin al respecto. Distingue dos tipos de información:

- a Una información libre que ocurre en casos abstractos, y sin ninguna significación física particular.
- b Una información ligada que es la normal y un caso particular de la libre.

La información ligada se manifiesta por un término negativo en la entropía total del sistema físico. Y se puede afirmar que: la información ligada es igual al decrecimiento de la entropía o al crecimiento de la negantropía, siendo la negantropía la opuesta a la entropía. Este resultado constituye el principio de la negantropía de la información<sup>31</sup>.

De todo lo anterior se deducen algunas conclusiones interesantes. Si se estudia el concepto termodinámico de entropía y en concreto el célebre teorema de Clausius, que puede ser considerado como una forma del segundo principio de la termodinámica, se concluye que la entropía del Universo aumenta continuamente<sup>32</sup>. Esto quiere decir, si se traslada al objeto del trabajo, que la adquisición de información por un sujeto de un sistema físico corresponde a un estado inferior de la entropía de éste. Una pequeña entropía implica un estado inestable que más o menos tarde, evoluciona a formas estables y a una entropía elevada. En general podemos decir que la entropía mide la falta de información sobre la verdadera estructura del sistema.

Esta falta de información, dice Brillouin, "implica la posibilidad de una gran variedad de estructuras microscópicas distintas que son, en la práctica, imposibles de distinguir unas de otras. Ya que una cualquiera de estas diversas microestructuras puede existir realmente en un momento dado, la falta de información corresponde a un desorden real en los grados de libertad buscados"<sup>33</sup>.

La relación entre entropía e información ya fue descubierta en el lejano 1929 por Szilard, pero realmente fue puesta en valor por Shannon más adelante. Hay que hacer notar que Shannon define la entropía con un signo opuesto al de la termodinámica clásica, y, según la notación de Brillouin, lo que Shannon llama entropía en realidad se trata de negantropía. Este criterio es también sustentado por Wiener<sup>34</sup>.

En el presente trabajo se toma la cantidad de información en la teoría de la comunicación como entropía, por la similitud ya vista con la magnitud homónima definida en termodinámica. La entropía de un emisor se toma como medida de la incertidumbre de los mensajes que pueden

ser transmitidos por el mismo, y por tanto como medida de la información suministrada cuando se entra en conocimiento del mensaje mismo<sup>35</sup>. La entropía aumenta con el logaritmo del número de los mensajes entre los cuales se ha elegido el enviado por el emisor, y crece al aumentar la incertidumbre de dicho mensaje<sup>36</sup>.

## **El hombre como receptor del mensaje**

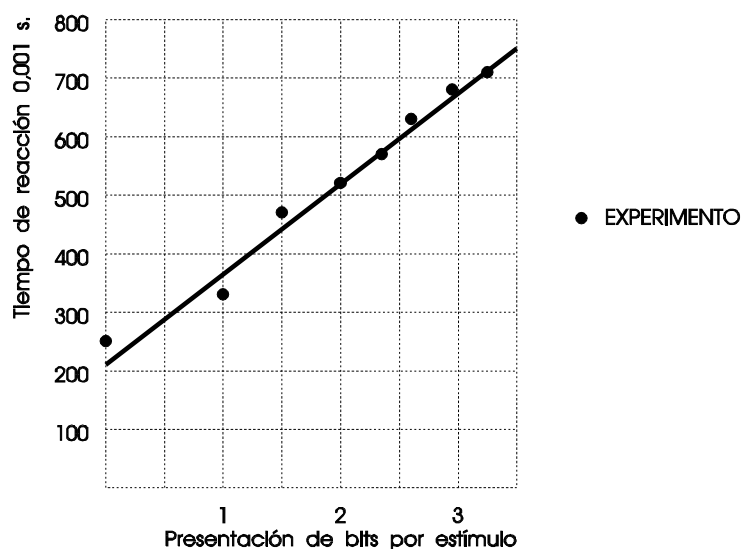
Dado que se va a estudiar la variación en el tiempo, gracias al principio de permanencia, de la cantidad de información emitida por una estructura urbana, son muy interesantes las anteriores precisiones ya que van a permitir una confirmación, o no, del proceso evolutivo. En concreto, dado que un sistema tiende a un aumento de entropía, esto quiere decir que tenderá a un aumento de la información también progresivo por parte de la fuente. Pero esto, siempre y cuando se considere el sistema en su totalidad, de lo contrario podría llegar a darse la paradoja denominada del demonio de Maxwell.

Sea una vasija con un gas a temperatura uniforme dividida en dos partes, la 1 y la 2, que solo se comunican por un estrecho tubo con una compuerta, y una llave manipulada por un diablillo. El diablillo deja pasar de la parte 2 a la parte 1 las moléculas de velocidad superior a la media y de la 1 a la 2 las de velocidad inferior. Poco a poco en el compartimento 1 se van quedando las rápidas y en el 2 las lentas, con lo que la entropía del gas obviamente disminuye, ¿es la máquina del movimiento perpetuo!<sup>37</sup>. Por desgracia lo que hay que considerar no es la entropía del gas solo, sino la total del sistema demonio-gas. Para que el demonio actúe, es necesario que reciba información, lo que implica un gasto de energía que invalida la bonita máquina de movimiento perpetuo basada en la disminución entrópica<sup>38</sup>. El ejemplo, por otra parte, es bueno porque sirve para clarificar perfectamente la relación información-entropía y ver su estrecha interconexión, ya no de tipo abstracto, sino perfectamente física y real.

Después de haber repasado los conceptos fundamentales de cantidad de información, entropía, y su relación, el paso siguiente incidirá en el campo de la especulación y la teoría con vistas al estudio de algunos problemas, sobre todo relacionados con la psicología, previos a posteriores consideraciones: "me parece que una de las primeras reacciones de los psicólogos ante la teoría de la información fue que como la entropía es una medida maravillosa y universal de la cantidad de información, y que como los seres humanos hacen uso de la información, de algún modo, la dificultad de una tarea, quizá el tiempo que un hombre tarda en realizarla, debe ser proporcional a la cantidad de información que se disponga"<sup>39</sup>. Bien empapados de la idea los psicólogos comenzaron los experimentos. Ray Hyman en el "Journal of Experimental Psychology" (1953), nos describe algunos.

Se colocan luces provistas del nombre de una sílaba delante del sujeto. Se enciende una luz y el sujeto dice el nombre tan rápido como puede, midiéndose el intervalo de tiempo entre ambas operaciones. El tiempo de respuesta media está representado en la figura en función del número de bits, unidad de medida de la información en logaritmos de base dos, o información suministrada por el número de luces encendidas. Se ve en la figura de la página siguiente que el incremento del tiempo es de 0,15 segundos por bit y algunos tratadistas han deducido de ahí que la capacidad de información del ser humano es de aproximadamente 7 bits por segundo. Sin

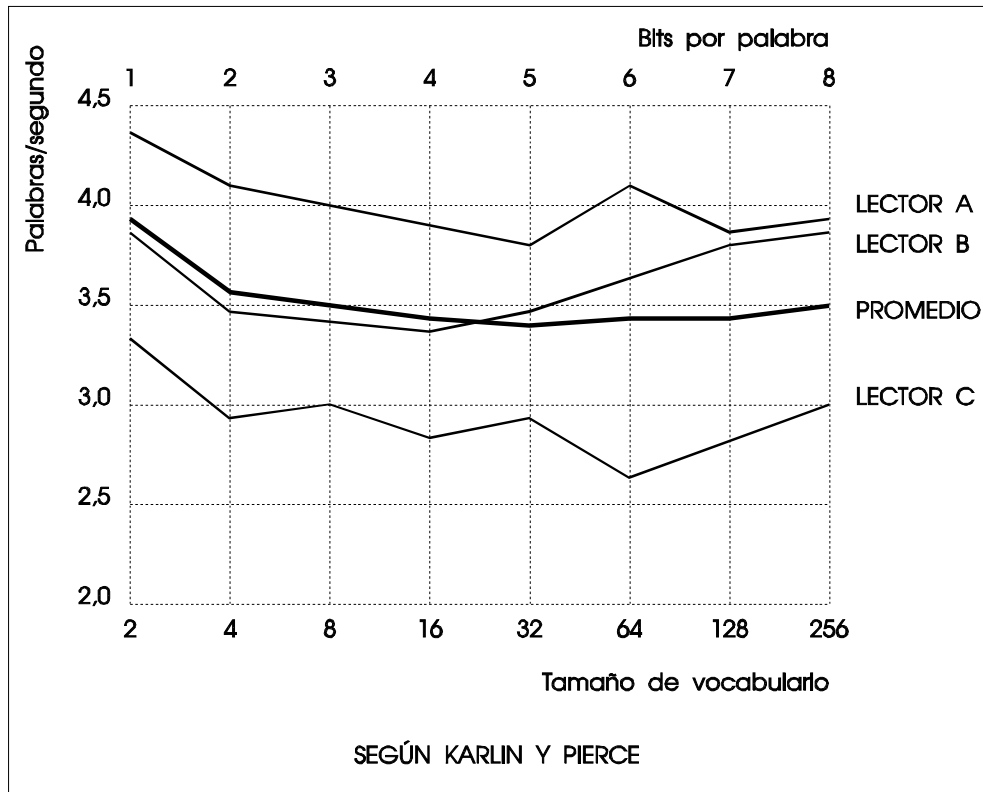
embargo este primer resultado ha sido criticado por bastantes investigadores<sup>40</sup>. Dejando aparte la polémica, lo que sí parece claro es que el ser humano puede transmitir, responder o recordar la información en unas circunstancias mejor que en otras. En un experimento realizado por Karlin y Pierce sobre velocidad de lectura se llegó a estos resultados:



Según Pierce en "Símbolos, señales y ruidos"

De cualquier forma parece que todos estos experimentos no llevan a conclusiones científicas o con las debidas garantías. Lo que sí parece claro es que nuestra capacidad de recibir y manejar información está condicionada por las limitaciones inherentes al sistema nervioso del hombre<sup>41</sup>. Así, la ley de 7 más menos 2 de George A. Miller, a la que Pierce se refiere en su libro "Símbolos, Señales y ruidos", dice que después de un cierto tiempo de observación una persona puede recordar y repetir los nombres de 5 ó 9 objetos simples y conocidos. Si se muestra al sujeto una serie de dígitos binarios podrá recordar correctamente quizá unos 7, es decir, 7 bits de información. En el caso de letras, 4 ó 5, lo que significa 23 bits. En cuanto a palabras, 3 ó 4, o sea 27 bits. La ganancia debida a la mayor complejidad sobrepasa las pérdidas, como también se ve en el gráfico sobre velocidad de lectura y la información aumenta al aumentar la complejidad<sup>42</sup>.

Pero las cosas pueden complicarse. La persona, además de observar, puede seleccionar, y experimentos posteriores han demostrado que durante unas pocas décimas de segundo en el organismo se almacenan bastantes más de los 5 ó 9 elementos de Miller. Lo que sucede es que éste es el número de los mismos que realmente se puede transferir a una memoria más permanente a una velocidad de un elemento cada centésima de segundo<sup>43</sup>.



Todas estas precisiones son importantes ya que dicen que realmente no se debe de hablar de cantidad de información sino de posibilidades de cantidad de información puesto que lo que sucede es que el ciudadano normalmente tiene unos programas perceptivos y unos circuitos de recorrido por las vías urbanas que hacen diferir en gran medida la cantidad de información de la ciudad considerada como fuente de la realmente captada por el sujeto.

### Entropía "natural"

Se podría pensar, y ahora sí que hay que introducirse de lleno en el terreno de la especulación, en la existencia de una cantidad de información ideal con la que el hombre se siente cómodo. Esta cantidad de información la podríamos denominar información natural<sup>44</sup> ya que la podemos suponer similar, o del mismo orden, que la que nos brinda la naturaleza. El primer problema que se plantea es de si esta información que proporciona el entorno natural es constante o asume diferentes valores según el tipo de naturaleza. Se incluyen aquí todas las investigaciones que actualmente se realizan en diversas universidades sobre uno de los temas de estudio más difícil, el paisaje natural<sup>45</sup> y también temas de ecología incluso ligada a la información<sup>46</sup>.

El segundo problema, que se relaciona directamente con la posibilidad de existencia de una

entropía ideal, se plantea desde el punto de vista del receptor del mensaje. El hombre, ¿tendrá una sola entropía ideal, o esta variará según el momento y según el sujeto?. Estas preguntas constituyen cuestiones que no se abordarán en el estudio. Sin embargo, y dado que el cálculo de la entropía de un paisaje, por ejemplo, presenta el mismo género de dificultades que el de una ciudad o un paisaje urbano se van a dar una serie de indicaciones que hagan ver como factible su cálculo.

Se supondrá, para simplificar, la fotografía de un paisaje. Sería sencillo el realizar una trama, tipo damero, que superpuesta a la fotografía ocultara cuadros de paisaje y permitiera ver otros. Sometiendo el conjunto a experimentos sobre varios sujetos permitiría asignar probabilidades de acierto o no de los cuadros ocultos. Esto mide directamente, sin más problemas, la cantidad de información suministrada por la fotografía, y a un cierto nivel, por el paisaje real. Se podrían establecer incluso las probabilidades condicionales del sistema ergódico sin más que ir enseñando el cuadro oculto después de cada experimento y antes de pasar al siguiente. O completar con una secuencia de fotografías que marcaran un itinerario. Por supuesto se habrían de realizar ajustes en el tamaño de los cuadros y el relativo de la foto respecto a los mismos, como asimismo introducir correctores para evitar el inconveniente que supondrían las distintas experiencias anteriores de los sujetos.

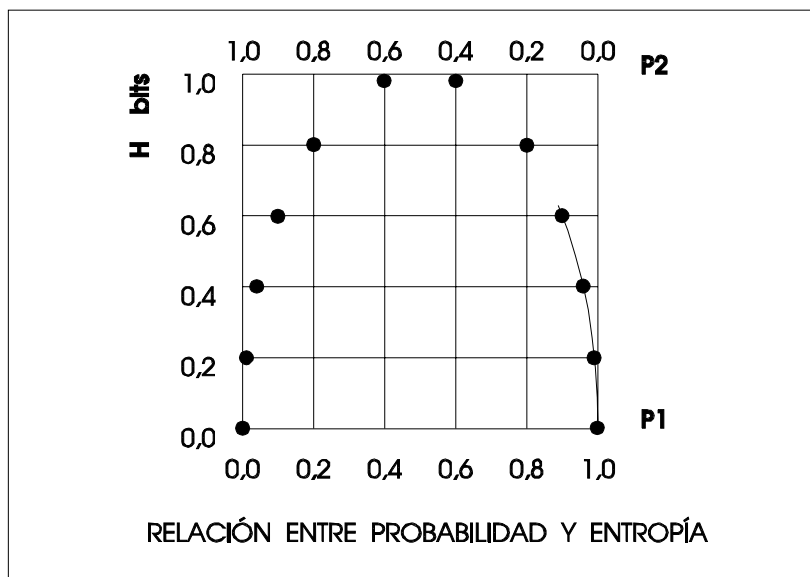
Queda claro que el método explicado es un método de cantidad de información percibida, en cierta manera subjetivo, o por lo menos realizado en la parte contraria a la de la fuente de información, en el receptor del mensaje y, que por tanto, no sirve para comprobar posibilidades de las fuentes, y en todo caso solo es operativo "a posteriori".

Toda esta larga explicación sobre la manera posible de calcular la información percibida en el caso de un paisaje natural se ha hecho para mostrar que es factible el cálculo de la entropía de un paisaje urbano por el método que he llamado de los itinerarios. Método cuyo único inconveniente está en la realización de las encuestas y en la necesidad de poseer adecuados conocimientos de psicología. Además es notablemente más largo y costoso que el método de la medida global, explicado más adelante, y que se basa en la consideración de las principales variables que intervienen en el proceso. De todas formas el método de los itinerarios resulta conveniente para el análisis de un fenómeno con un número de variables muy grande o de tal naturaleza que hace imposible su individualización.

## **La ciudad y sus niveles de entropía**

A partir de ahora se hablará indistintamente de entropía o cantidad de información, pues ya se ha visto como están relacionadas y el criterio seguido. En el apartado anterior se intuía ya lo que iba a constituir el motivo central de este tema. En efecto, allí se decía que los bits máximos de información por segundo que puede manejar el hombre venían, por lo menos, condicionados por la capacidad física del sistema nervioso. Parece pues, en principio, que existe un límite máximo de entropía que el hombre puede soportar, o en todo caso es capaz de percibir y memorizar. Todo ello, sin embargo, requiere ulteriores razonamientos. Sea la probabilidad de dos sucesos posibles dada por una fuente de memoria nula, como la de tirar una moneda al aire. Esta probabilidad variara de cero a uno. Si representamos en abscisas la probabilidad y en

ordenadas la entropía obtendremos el diagrama de la figura.



Se ve que el máximo de entropía desde el punto de vista de la fuente coincide con la probabilidad 0,5, o sea, con un estado de equiprobabilidad, mientras que los mínimos de entropía se dan para una probabilidad también mínima y para la máxima. Esto es lógico ya que en el sistema no se ha de considerar una sola posibilidad, las caras, sino las dos conjuntamente, caras y cruces<sup>47</sup>. Por otra parte hay que hacer notar que la cantidad máxima de información dada por una fuente de memoria nula de  $q$  símbolos, crece lentamente al aumentar  $q$ . De hecho, la cantidad máxima de información crece con el logaritmo del número de símbolos de la fuente, de modo que para duplicar la cantidad máxima de información por símbolo de una fuente de  $q$  símbolos, sería necesaria una fuente de  $q^2$  símbolos<sup>48</sup>. Podemos pues aumentar la cantidad de información, bien aumentando la entropía por símbolo, o bien aumentando el número de símbolos de la fuente.

Ya se ha dicho que la entropía se identifica con un estado de desorden, en el sentido de que un orden es un sistema de probabilidades que se introduce en el conjunto, para poder prever su evolución<sup>49</sup>. Si el ideal fuera alcanzar una entropía máxima se debería tender a conseguir un desorden máximo en la ciudad de tal forma que cualquier símbolo, cualquier acción, tuviese iguales probabilidades de aparecer que cualquier otro. Esto significaría una equiprobabilidad total. Pero, por otra parte es necesario un orden. Un orden no es más que el establecimiento de un sistema de probabilidades. Y el establecimiento de un sistema de probabilidades es lo que se llama un código<sup>50</sup>.

Una ciudad es, por definición (entre otras cosas) un código, o un conjunto de códigos. Y es que la ciudad se caracteriza por un modo de vida urbano<sup>51</sup>, y un modo de vida no es más que un sistema, en definitiva, un código. Destruimos el concepto mismo de ciudad si introducimos en ella el de equiprobabilidad total. En realidad, dejaría entonces de ser ciudad para convertirse

en un ente amorfo e indiferenciado.

Aunque no solamente la ciudad significa código. Un paisaje natural no deja de estar menos codificado. La realidad es que allí donde se pueda establecer un sistema de probabilidades existirá un código que puede ser conocido o no. Existen pocos ejemplos de equiprobabilidad en el mundo real. Equiprobabilidad tienen las direcciones de choque de las moléculas en un gas<sup>52</sup>. Lo que no indica otra cosa que las coordenadas de posición de cada una en un momento dado pueden ser cualesquiera. La incertidumbre en este caso es total.

Se va a volver ahora por un momento a la cantidad máxima de información que puede manejar el ser humano. En el capítulo anterior se habían adelantado algunos números y estos números venían dados en la unidad de información (bit) y en segundos. Este es un hecho fundamental para entender estas acotaciones sobre necesidades entrópicas mínimas y máximas y el concepto de entropía ideal. La capacidad de captar información por el hombre depende del tiempo que tenga para efectuar la captación. En la figura de la página 11 se veía como al aumentar el número de bits, de 0,5 a 2,5, aumentaba el tiempo de reacción de 290 milisegundos a 600. Ante el hecho cultural que supone la ciudad, una mayor entropía supone una mayor riqueza, un mayor número de posibilidades, una garantía de que aunque se viva años en la misma siempre va a despertar el interés, porque siempre va a sorprender con cosas nuevas que estaban ya allí pero que no se habían visto. Por el contrario, una ciudad absolutamente ordenada, con códigos tan claros que a las pocas horas de estar allí ya aburre, y que se hace por esta causa inhóspita y monótona para vivir, seguramente se tratará de una ciudad con muy poca entropía. Pero hay que avanzar más en el camino de la acotación entrópica.

El hecho comporta por tanto dos campos que hasta el momento se han estudiado casi sin separar. El campo de las fuentes, la ciudad, y el campo del receptor, el hombre. Es necesario el estudio de ambos pero en este trabajo solamente se va a iniciar el primero. Del segundo, y para ver la significación que tiene para el otro se están redactando estos primeros capítulos. La realidad, hay que repetirlo una vez más, es bastante compleja. Una ciudad presenta muchos niveles de conocimiento de los cuales destacan dos principalmente.

En primer lugar presenta un nivel de reconocimiento. El individuo que vive en la ciudad necesita reconocerla como diferenciada de las otras. Cualquier diferencia implica la asignación automática de probabilidades altas a determinados valores, lo que inmediatamente nos baja la entropía. Por otra parte la ciudad es un hecho cultural, histórico, es una escuela viva, y como tal naturalmente debe de tender a enseñar muchas cosas. Cuantas más cosas nos enseñe mejor. Esto significa, cuanto mayor sea su entropía, mejor. Pero ello, siempre y cuando se cumpla lo ya dicho anteriormente de la existencia de un código que permita la interpretación por parte del hombre. Una equiprobabilidad absoluta, al transmitir todo, no transmite nada. Se podría decir que interesa una entropía lo más alta posible compatible con la capacidad de entender el mensaje por parte del receptor.

Se hace casi problemática la solución ya que si bien por una parte necesita entropía máxima compatible con la capacidad de recepción, para evitar la monotonía del ciudadano que vive en su seno año tras año; por otro necesita un máximo de orden para poder ser reconocida, tanto a



nivel psicológico de identificación, como al simple nivel práctico de saber donde se encuentra uno y hacia donde se debe dirigir. Se reproduce y subraya al respecto el análisis visual que de la Plaza de San Pedro en Roma realiza Raymond Gindroz: "Un enorme espacio se hace instantáneamente comprensible como resultado de todos estos efectos visuales, aunque la forma percibida es bastante distinta de la forma construida. Las limitaciones impuestas por el espacio quedaron superadas y se logró el viejo ideal del templo inmerso en un espacio dinámico. La rápida mirada del observador contempla aquello que los constructores deseaban mostrarle"<sup>53</sup>. Y por otra parte: "Los dos elementos-pared, curvilíneos ajenos a la pretensión de ser fachadas de un palacio, ondulantes, variando constantemente, pantallas macizas y diáfanos, de profundidad infinita, dificultan al observador la comprensión de sus superficies"<sup>54</sup>.

Si la ciudad estuviese compuesta de elementos que se pudieran captar independientemente o por lo menos, con una cierta individualidad, el problema estaría resuelto. Es el truco que se emplea en la Plaza de San Pedro, y en muchos otros paisajes urbanos: un nivel global de reconocimiento, con una entropía muy pequeña, y niveles parciales de detalle, con una entropía muy alta.

Se hace necesaria la clarificación del punto anterior. En efecto, si las entropías producidas por diversas variables independientes se suman ¿cómo puede ser posible que un nivel global tenga una entropía más baja que niveles parciales?. Para entenderlo se va a estudiar el caso del paisaje natural. Concretamente, se supone la fotografía de un árbol y el mosaico de cuadros opacos y transparentes encima, según se ha explicado. Se dijo que uno de los ajustes que había que hacer era el del tamaño relativo de la fotografía, de los detalles que en la misma se pudieran apreciar del árbol. No será igual si la foto se toma a 200 m. del árbol que si se hace a 1 m. El grado de detalle será distinto. La cantidad de información global que posee el árbol como fuente será una determinada **I** a un cierto nivel, y otra **Y** a otro nivel de recepción. Cuando se habla de cantidad de información a nivel global no se puede comparar con otra obtenida a nivel parcial. Son dos medidas distintas e indudablemente no sumables ya que, y entre otras razones, no se trataría de variables independientes al mismo nivel. Aquí se interaccionan y entremezclan una vez más fuente y receptor. No hay duda de que el estudio de una fuente y sus capacidades y posibilidades de emitir símbolos puede estudiarse independientemente del sistema de recepción. Y lo mismo pasa con éste. Pero si se condiciona la viabilidad de una fuente a la recepción del mensaje emitido es obvio que pueden existir niveles distintos en la misma.

El problema de las entropías máximas y mínimas se presenta pues con innumerables aristas. Se necesitarán muchas horas de investigación para establecer unos entornos en los cuales sería conveniente que se encontrara la cantidad de información suministrada por algunas variables que intervienen en el proceso urbano. Cuando se proyecta una nueva ciudad, se remodela un barrio, y la idea permanece todavía en estado de proyecto, sería un instrumento muy útil saber que la entropía de la trama de calles debiera estar comprendida entre tantos y tantos bits, o que la suministrada por la forma de los edificios fuera cercana a **A** bits.

#### 4 TRATAMIENTO MATEMÁTICO DE LA ENTROPÍA

Se puede llegar al establecimiento de la definición de cantidad de información y de entropía de muy diversas maneras, incluida la experimental<sup>55</sup>. Pero para una mayor comprensión de los hechos su deducción a partir del álgebra y la teoría de conjuntos es la más adecuada.

Sea la función probabilidad referida a un cierto fenómeno **F** cuyos sucesos son: **F**<sub>1</sub>, **F**<sub>2</sub>,...**F**<sub>n</sub>. Para esta función habrá de cumplirse que<sup>56</sup>:

- 1 La probabilidad de un suceso estará comprendida entre cero y uno. Es decir:  $0 \leq P(\mathbf{F}) \leq 1$ .
- 2 La probabilidad del espacio total es igual a uno.
- 3 La probabilidad de la unión de **n** sucesos disjuntos es igual a la suma de las probabilidades:  $P(\mathbf{S}) = \sum P(\mathbf{S}_i)$ .
- 4 Se define la probabilidad condicionada de un suceso respecto a otro como el cociente entre la probabilidad de la intersección de los sucesos condicionante y condicionado y la probabilidad de éste.

$$P(S_1/S_2) = \frac{P(S_1 \cap S_2)}{P(S_2)}$$

Estableciendo una hipótesis **H**<sub>1</sub>, a la probabilidad correspondiente a dicha hipótesis se la denomina **probabilidad a priori**, **P(H)**. La probabilidad correspondiente a la hipótesis pero condicionada a la realización del suceso será la **probabilidad a posteriori**, **P(H/S)**.

Sean **H**<sub>1</sub> y **H**<sub>2</sub> dos hipótesis y **S** un suceso. Estableciendo la relación de **H**<sub>1</sub> respecto a **H**<sub>2</sub>, se verificará, para las probabilidades a priori:

$$\frac{P(H_1)}{P(H_2)}$$

y para las probabilidades a posteriori:

$$\frac{P(H_1/S)}{P(H_2/S)}$$

Al cociente de las razones formadas se le llama **razón de verosimilitud** que en este caso:

$$R_v = \frac{P(H_1/S)}{P(H_2/S)} / \frac{P(H_1)}{P(H_2)} = \frac{P(H_1/S)}{P(H_2/S)} * \frac{P(H_2)}{P(H_1)}$$

como

$$P(H_1/S) = \frac{P(H_1)*P(S/H_1)}{P(S)}$$

y

$$P(H_2/S) = \frac{P(H_2)*P(S/H_2)}{P(S)}$$

esto implica que la razón de verosimilitud,  $R_v$  es<sup>57</sup>:

$$R_v = \frac{P(S/H_1)}{P(S/H_2)}$$

Pues bien, al logaritmo de la razón de verosimilitud se le llama cantidad de información que el suceso **S** nos da sobre la hipótesis  $H_1$  respecto a la  $H_2$ . Sean ahora todas la hipótesis posibles en general:  $H_1, H_2, \dots, H_n$ ; y  $H_a$  la hipótesis de que se presente cualquiera de las señaladas. Confrontando una hipótesis cualquiera,  $H_i$ , con la  $H_a$ , la cantidad de información de que se dispone será la siguiente:

$$I_s = L * R_v = L * \frac{P(H_i/S)}{P(H_a/S)} - L * \frac{P(H_i)}{P(H_a)}$$

pero si se ha presentado  $H_i$  es debido a que previamente se ha dado  $H_a$ , luego esto quiere decir:

$$I_s = L * P(H_i/S) - L * P(H_i)$$

haciendo ahora coincidir  $H_i$  con **S** obtendremos la información sobre el propio suceso:

$$I_s = L1 - LP_i = -LP_i$$

Estableciendo la correspondencia entre cada suceso y su propia cantidad de información, su valor medio dará la información del fenómeno y se denomina **entropía**<sup>58</sup>:

$$I = H(S) = \sum P_i * LP_i$$

Algunas de las propiedades del concepto de entropía anteriormente definido y que nos van a servir para facilitar los cálculos son las siguientes:

- 1 Si una cualquiera de las  $P_i=1$  el resto ha de ser cero ya que  $\sum P_i=1$ , y en este caso  $H=0$ <sup>59</sup>.
- 2 El máximo valor de  $H$  se obtiene cuando las  $P_i$  son iguales entre sí y a  $1/r$ . Este valor máximo es igual al **logaritmo de r**, siendo  $r$  el n° de símbolos de la fuente<sup>60</sup>.
- 3 Sean dos fuentes:  $A$ , con sucesos  $a_1...a_r$ ; y  $B$ , con sucesos  $b_1...b_s$ . Considerando ahora una fuente  $AB$ , cuyo alfabeto sean las posibles parejas de símbolos que admitiremos son estocásticamente independientes, se verificará que<sup>61</sup>:

$$H(AB) = -\sum (a_i b_j) * LP(a_i b_j) = H(A) + H(B)$$

Esta propiedad, en esencia debida al carácter logarítmico de la función, es muy importante ya que va a permitir los cálculos que se pretenden. Si las variables no son estocásticamente independientes, entonces, introduciendo las probabilidades condicionadas anteriormente definidas se llega a:

$$\begin{aligned} H(AB) &= H(A) + H(B/A) \\ H(AB) &= H(B) + H(A/B) \end{aligned}$$

cumpliendo las probabilidades condicionadas que<sup>62</sup>:

$$\begin{aligned} \sum P(a_i/b_j) &= 1 \\ \sum P(b_j/a_i) &= 1 \end{aligned}$$

- 4 Sea una secuencia larga. Se interpreta la entropía como el logaritmo cambiado de signo de la probabilidad de una secuencia larga dividido por su longitud:

$$H(A) = -\frac{\log P}{N}$$

La información del total de esta secuencia dividida por su longitud es otra estimación

de la información media por símbolo, siendo la longitud de la secuencia el número de símbolos<sup>63</sup>.

Sea ahora una fuente de memoria nula  $S$ , con un alfabeto  $S_1, S_2, \dots, S_a$ . Se pueden agrupar las salidas en paquetes de  $n$  símbolos. Son pues,  $q^n$  secuencias de salidas distintas. Como un símbolo de la extensión de orden  $n$ ,  $S^n$  de la fuente de memoria nula  $S$ , corresponde a  $n$  símbolos de  $S$ , es de suponer que la entropía por símbolo de  $S^n$  sea  $n$  veces mayor que la de  $S$ . En efecto, así ocurre y la demostración<sup>64</sup> no revela particulares dificultades. También demuestra Abramson que para el caso de una fuente estacionaria la fórmula que resulta de la entropía es<sup>65</sup>:

$$H(S) = \sum P(S_{j1} \dots S_{jm}, S_i) * \log \frac{1}{\frac{P(S_i)}{P(S_{j1}, S_{j2}, \dots, S_{jm})}}$$

Es también importante ver, para el caso del presente trabajo de investigación, que sucede con las unidades utilizadas y, de entre ellas, las más adecuadas para conseguir los fines propuestos. Para ello se parte de un suceso  $S$ , que se supone puede presentarse con una probabilidad  $P(S)$ . Cuando  $S$  tiene lugar decimos que se han recibido

$$\log \frac{1}{P(S)}$$

unidades de información. La elección de la base del logaritmo que interviene en la definición equivale a elegir una determinada unidad ya que<sup>66</sup>

$$\log_a x = \frac{1}{\log_b a} \log_b x$$

Introduciendo el logaritmo de base 2, la unidad correspondiente se denomina **bit**:

$$I(S) = \log_2 \frac{1}{P(S)} \text{ bits}$$

la denominación de **bit** viene del inglés, **binary unit**<sup>67</sup>.

Algunos autores denominan **logon** a la unidad de cantidad de información<sup>68</sup>. Empleando logaritmos naturales, la unidad de información recibe el nombre de **nat**:

$$I(S) = \ln \frac{1}{P(S)} \text{ nats}$$

La denominación de **nat** viene del inglés, **natural unit**. En el caso de logaritmos de base 10 la unidad de información es el **Hartley**<sup>69</sup>:

$$I(S) = \log_{10} \frac{1}{P(S)} \text{hartleys}$$

En el presente trabajo se empleará únicamente el **bit**, que se podría definir como **la unidad de disyunción binaria que sirve para individualizar una alternativa**<sup>70</sup>. Con objeto de facilitar los cálculos y las comprobaciones se indican a continuación las equivalencias más usuales<sup>71</sup>:

$$\begin{aligned} \log_e x &= 2,3026 \log_{10} x \\ \log_{10} x &= 0,4343 \log_e x \\ \log_2 x &= 3,3219 \log_{10} x \end{aligned}$$

## 5 PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

Presentado el problema en toda su magnitud, consideración de la ciudad como fuente de información y cálculo de la suministrada por distintos sectores, la solución parece difícil. Siguiendo una metodología estrictamente científica<sup>72</sup> lo que se intentará es aislar partes del problema que por su sencillez se puedan manejar. Así, además de reducir su ámbito a aquello que se ha denominado estructura urbana, se consideran solamente un pequeño número de variables, pero siempre las mismas en los diversos cálculos, con objeto de que puedan ser posibles las comparaciones.

La finalidad principal es conseguir un método operativo de cálculo y, subsidiariamente, el establecimiento de comparaciones desde el punto de vista: de la ciudad planificada frente a la espontánea, de la histórica con la actual, y entre algunos tipos de estructuras claros que se puedan encontrar. Es necesario indicar que las consideraciones estructurales, físicas, de cálculo y otras, se refieren única y exclusivamente al aspecto formal no entrándose en las referentes a actividades, economía, etc., para mejor control del problema. Además, el término estructura está empleado en su aspecto más inmediato y restringido<sup>73</sup> (en realidad se debería de hablar de modelo formal establecido por la red viaria).

La primera determinación a tomar, qué ciudad elegir, aparecía condicionada por la facilidad de obtención de planos exactos y con el suficiente detalle. Pero es que además era necesario que fuera lo bastante grande como para albergar en su seno sectores tan diferentes como los enumerados a la hora de hablar de los objetivos. Así, era necesario que conservase, por lo menos en cuanto a la traza general de las calles, una zona histórica con la antigüedad suficiente. Madrid la tiene. Debería contar con sectores donde se pudieran aislar los tres tipos principales de sistemas viarios formales: el radioconcéntrico, el lineal y el de parrilla. No fue necesario buscar mucho para encontrarlos en la plaza de la Cebada, Arturo Soria y barrio de Salamanca. Por último, sería interesante el poder comparar una misma estructura en su aspecto histórico y

de nueva formación. Una parte del barrio de Embajadores y otra del de Palomeras sirvieron perfectamente. Por todas estas circunstancias Madrid se reveló como ideal para ensayar el método que se explica más adelante.

Anteriormente se ha indicado el concepto de estructura manejado que en realidad se asimila al de modelo formal establecido por la red viaria. Para el aislamiento y determinación de las variables a emplear, la misma se va a subdividir en tres, siguiendo la pauta marcada por Spreiregen en su "Compendio de Arquitectura Urbana" cuando se refiere al análisis visual: trama, granulado y textura. La trama es la forma de organización general: lineal, radioconcéntrica, mallada, forma de las calles. "La mayor parte de las ciudades americanas tienen formas rectilíneas para sus manzanas y calles. Sobre terreno ondulado, en áreas extrínsecas, las calles y bloques circulares constituyen otro tipo de trama. Un sistema con calles sin salida forma una tercera trama"<sup>74</sup>. Granulado es el grado de finura o tosquedad de una zona urbana. La textura es el grado de combinación de los elementos sutiles y groseros. "Una zona urbana con pequeñas viviendas o pequeñas parcelas tiene un granulado fino y una textura uniforme. Con viviendas pequeñas sobre solares de tamaños distintos, puede existir todavía un granulado fino, pero la textura será irregular. En la ciudad, los grandes bloques con edificios de diversos tamaños pueden descubrirse como de granulado grosero y una textura irregular. Si los edificios son uniformes en su tamaño puede decirse de ellos que tienen un granulado grosero, pero una textura uniforme"<sup>75</sup>. Todas estas explicaciones ayudaran posteriormente a entender la elección de las variables que describan lo más acertadamente posible las componentes citadas.

Todo ello va enfocado, concretamente, hacia uno de los dos métodos ya insinuados para el cálculo de la entropía, el de la medida global. Porque de eso se trata en último término. El cálculo de la entropía que manifiesta determinado sector, o determinada variable en diversos sectores, permite establecer comparaciones, no solamente entre los mismos, sino también analizar la variación sufrida por una variable al pasar de un sector a otro, y de ahí deducir la incidencia de la misma en la entropía total. El estudio no permitirá, aunque sería muy interesante, el establecer acotaciones máximas y mínimas, ni siquiera determinar un entorno de entropía natural. A lo sumo servirá de ilustración sobre el número de bits de información por símbolo que se puede encontrar, considerando una variables muy determinadas, en algunos lugares muy localizados de Madrid.

Antes de iniciar la explicación de la metodología seguida, y con el fin de clarificar convenientemente la elección de la misma, se hace necesario abordar algunos problemas que hubiera traído consigo el empleo del otro método alternativo, el método de los itinerarios. Ya anteriormente se había dado una pequeña explicación de su naturaleza. En esencia, el método de los itinerarios contempla la información desde el punto de vista del receptor del mensaje y tiene en cuenta, no solamente el momento psicológico del sujeto, sino también su historia perceptiva ya que ambas cosas van a incidir determinantemente en la asignación de probabilidades<sup>76</sup>. Aparte de los problemas ya explicados que presenta el método, éste tiene además otros derivados en su mayor parte del hecho de que no se miden posibilidades entrópicas de la fuente, que es lo que realmente interesa desde el punto de vista de proyecto, sino bits reales en un momento determinado y en unas condiciones específicas. Sus mayores ventajas, eliminación de la información superflua y la no asignación de probabilidades a priori,

no son ventajas particularmente interesantes para este trabajo.

El método realmente utilizado fue el denominado de la **medida global**. Al efectuarse la evaluación, no del lado del receptor del mensaje, sino del de la fuente, no se van a tener en cuenta las posibilidades reales sino solamente las teóricas de la fuente de suministrarlo. Se supone que la recepción no se va a hacer al ciento por ciento de la transmisión, y eso sin contar con los problemas de canal. De hecho en el trabajo no se habla casi nada de códigos, base de las posibilidades reales de intercambio comunicativo y a los que sería necesario hacer referencia<sup>77</sup>.

En el plano de cualquiera de los sectores considerados para el cálculo hay calles, aceras, alturas de edificios, tramos edificados, ángulos, y una larga serie de variables que lo configuran. Se suponen algunas de ellas, más o menos significativas, fácilmente aislables de forma que la asignación de valores sea sencilla. Se tendrá por tanto una fuente, que es el sector considerado, y un conjunto de símbolos emitidos por la misma. Como se había visto anteriormente una fuente de este tipo se llama ergódica. En esencia, es una fuente de Markov de tipo estacionario. Como entre sus características está la de que observada durante un tiempo suficientemente largo emite con probabilidad uno una secuencia típica de símbolos, la distribución de probabilidades de un conjunto de estados que se presentan después de producirse un gran número de transiciones no depende de la distribución inicial con que son elegidos los diferentes estados<sup>78</sup>. O sea, existe una distribución de probabilidades única para un conjunto de estados determinado. Esto permitirá calcular directamente la distribución de probabilidades como conjunto, en el supuesto de que haya transcurrido un período de tiempo suficientemente largo, sin hacer caso de las probabilidades condicionales que entorpecerían el proceso.

Para ello lo único necesario es hacer una tabla estadística con los valores que va tomando la variable dentro del sector considerado, que dará directamente las probabilidades globales de encontrar el símbolo en el sector. Hay que hacer notar que, dado un símbolo, su referencia es siempre al sector, y no al total probabilístico del universal donde el sector está encuadrado. Aquí se encuentra la diferencia fundamental con el método de los itinerarios. Para que fueran asimilables habría que suponer a la mente humana como de memoria nula, ya que de lo contrario automáticamente corregiría las probabilidades y las referiría, no al sector, sino a la experiencia histórica con la variable considerada.

Una vez determinadas las tablas estadísticas de cada variable el cálculo en sí, aparte la molestia que supone su rutina, no ofrece mayores dificultades y se explica convenientemente en capítulos sucesivos. Otro de los trabajos que está por hacer, pero que indudablemente no puede abarcar este estudio, es el de la comparación entre las posibilidades de emisión de la fuente en bits y la cantidad de información realmente recibida por distintos tipos de sujetos. Para ello habría que emplear conjuntamente ambos métodos, el de los itinerarios y el de la medida global.

La necesidad de aislar convenientemente las variables que vayan a intervenir en el cálculo y la condición de que puedan ser cuantificadas es otro problema importante que presenta el método y que no hay manera de soslayar. Las variables han de ser cuantificables en el caso general.



Sin embargo puede suceder que a una determinada variable no cuantificable se le pueda asignar una probabilidad determinada. Esto sucederá cuando sea posible acudir al método binario: ocurre el suceso o no ocurre; ya que las apreciaciones del tipo: poco, normal o mucho, procurarán evitarse debido a su subjetivismo. Quedan así excluidos del método una serie de símbolos que en algún caso pueden ser importantes para la caracterización de la fuente pero que son difíciles de incluir. En particular quedan fuera las sensaciones, determinados colores y texturas, formas complicadas que no se pueden reducir a elementales, y otros. Esto que podría ser un serio inconveniente en un análisis de otro tipo queda reducido al tratarse del cálculo de la entropía producida por una estructura urbana. Sobre todo si consideraciones anteriores han dejado entrever que, en realidad, la tal estructura no es más que un modelo formal de la red viaria acompañado de algunas determinaciones volumétricas.

Al finalizar el apartado anterior se hacía referencia al concepto de redundancia. Resulta interesante su estudio ya que es uno de los obstáculos más serios que presenta el método. Cullmann<sup>79</sup> define la redundancia:

$$R = \frac{\log P - \log U}{\log P} = 1 - \frac{\log U}{\log P}$$

Donde **R** es la redundancia, **P** el número de combinaciones posibles y **U** el número de combinaciones utilizables. Se ha insertado la fórmula porque de la misma se desprende que para algunos autores la palabra redundancia no alude al mismo concepto aquí manejado. En efecto, se dijo que la redundancia era una suerte de información suplementaria y no, en concreto, la diferencia entre la entropía máxima y la real correspondientes a una distribución de probabilidades dada<sup>80</sup>. Para el cálculo de la información suplementaria sería necesario, en primer lugar, saber si determinada variable estaba significativamente influida por otra y en que medida. Para lo que habría que investigar la existencia de correlaciones lo suficientemente altas entre los valores de ambas. Si así sucediera sería preciso calcular las probabilidades condicionadas de una respecto a la otra y restar de la total. Afortunadamente el objetivo del trabajo se refiere exclusivamente a comparaciones con lo cual la redundancia entre variables, que podríamos llamar redundancia estructural, se elimina al afectar por igual a todos los sectores y modelos.

Una de las ventajas más interesantes que nos ofrece el método, y dado el carácter logarítmico de la función entropía<sup>81</sup>, es la posibilidad de ir completando el cuadro sin más que añadir nuevas variables, cuyos bits de información solo habría que sumar a los totales. O la de sumar grupos o paquetes de símbolos por salidas<sup>82</sup> de forma que se pueda analizar la incidencia de determinado grupo en la variación porcentual de la entropía total entre sectores.

Hasta ahora se ha hablado de ventajas de cálculo e instrumentales, pero es que, además, el método de la medida global, y sobre todo para el problema planteado, tiene otras de orden funcional. Permite llevar controlado todo el proceso y por tanto diferenciar las distintas incidencias que tienen lugar en el mismo. Es una técnica puramente objetiva desde el principio al fin, con todas las ventajas que conlleva. Está más enfocada hacia la parte del proyecto que a la del análisis, para la que el método de los itinerarios se revela superior. Y, por fin, su

realización no requiere preparación psicológica, estadística o sociológica.

## **6 LAS ZONAS ELEGIDAS**

Con objeto, no solamente de comprobar la viabilidad operativa del método de medición global, sino también con el de obtener algunas conclusiones que se pudieran desprender del análisis entrópico de ciertos sectores de Madrid, se hacía necesario elegir con sumo cuidado los mismos. La primera determinación a tomar con vistas a la clarificación uniforme de las variables era el excluir de los susodichos sectores aquellos denominados de bloque abierto<sup>83</sup>. Ello se hizo necesario después de efectuadas las pruebas correspondientes para la zona de Moratalaz y comprobar que las determinaciones sobre variables propuestas no se ajustaban bien a este tipo de estructura. Quedaban dos caminos: redefinir los mismos pensando en este problema o suprimir las zonas que no se ajustaban. Después de sopesar los posibilidades de uno y otro se llegó a la decisión de adoptar la segunda por una serie de razones, entre otras por la de albergar serias dudas sobre su comparabilidad.

El mismo problema se presentó en la Ciudad Lineal de Arturo Soria con una buena parte de la edificación que era en viviendas aisladas. Pero como, por otra parte, una estructura de tipo lineal no necesariamente ha de ir ligada a este tipo de vivienda sino que puede perfectamente asimilarse a la tradicional compacta<sup>84</sup> se llegó a una solución de tipo mixto que, gráficamente, se explica en el capítulo dedicado a variables e intervalos.

Se consideró interesante proceder a la elección de sectores de adentro afuera. Es decir, partiendo del Madrid histórico, en los alrededores del Palacio de Oriente<sup>85</sup>, y saliendo en dirección Noreste hasta llegar a la Ciudad Lineal después de pasar por el barrio de Salamanca. Fue añadida posteriormente la zona de Palomeras, que en un principio no estaba prevista y que se encuentra al Este-Sureste del plano. Su inclusión fue debida a que en la gama de estructuras elegidas no había ninguna de tipo instintivo y creación reciente que sirviera de testigo para las demás.

Los criterios para la elección de las distintas zonas se fundamentaron en la posible comparación de los resultados. Así, la que se daba entre sectores planificados y que no lo estuvieran. Y dentro de éstos últimos, aquéllos con una cierta carga histórica y los de moderna creación. Por otro lado, las similitudes y diferencias entre distintos tipos de estructuras, las tres principales: radioconcéntrica, en cuadrícula y lineal, en cuanto a asignaciones entrópicas. Y por último, distinciones entre zonas históricas, particularmente hasta mediados del XIX, que es cuando se produce la expansión de la capital.

Los cálculos y mediciones se efectuaron sobre el 1/500 de Madrid. El número de referencia de cada sector coincide con el de la hoja reducida del 1/2000. De tal forma, que los sectores elegidos fueron los siguientes:

- 1 Hoja nº 049 - Ciudad Lineal.
- 2 Hoja nº 067 - Barrio de Salamanca.

- 3 Hoja nº 073 - Calle Mayor.
- 4 Hoja nº 085 - Puerta de Moros.
- 5 Hoja nº 086 - Lavapiés.
- 6 Hoja nº 119 - Palomeras.

Aparece, además de la identificación por el número de hoja, un nombre genérico característico de cada sector. Aunque bien entendido que al decir calle Mayor, no es estrictamente la calle, sino todo un sector cuya parte más conocida es esa. A pesar de que se estudian a continuación en detalle cada una de las zonas, con respecto a las posibles comparaciones a realizar, grosso modo, estas se clasifican de la siguiente manera. Planificadas: ciudad Lineal, barrio de Salamanca. No planificadas: Mayor, puerta de Moros, Lavapiés, Palomeras. Radioconcéntrica: Puerta de Moros. Cuadrícula: barrio de Salamanca. Lineal: Arturo Soria. Zonas históricas hasta mediados del XIX: Mayor, Puerta de Moros, Lavapiés.

## **Zona de Ciudad Lineal**

Puede decirse que la Ciudad Lineal de Arturo Soria y Mata, propuesta en 1872, constituye una de las más importantes aportaciones españolas al urbanismo. Su intención era el crear alrededor de Madrid un ferrocarril-tranvía de circunvalación a lo largo de la que se establecería una parcelación propia para la edificación de una ciudad jardín. Comenzó la actuación en el año 1894 limitándose la misma al sector comprendido entre el Pinar de Chamartín y la carretera de Aragón, en una longitud de 5 km. 200 m. Con posterioridad se acometió el segundo sector entre la carretera de Aragón y Vicálvaro, a lo largo de aproximadamente 4 km. Según Bidagor: "El concepto de Ciudad Lineal está muy dentro de la ideología de la segunda mitad del siglo pues es una fórmula simple que da oportunidad de circunstancias análogas para todos los solares, una posibilidad indefinida de prolongación y la incorporación a la ciudad de espacios arbolados en contacto con el campo. La realidad ha demostrado que es una fórmula buena para determinadas circunstancias, pero que no es una fórmula universal aplicable sin medida a cualquier género de problemas"<sup>86</sup>.

Una de las cuestiones a considerar en cuanto a la elección del tramo era la referente a su forma. A lo largo de sus nueve kilómetros se alternan zonas rectas y curvas, y por alguna había que decidirse. Finalmente, y considerando que las rectas podían asimilarse en cierto modo a un sector de estructura de parrilla deformada, la elección recayó sobre un tramo suavemente curvado. Se supuso que esto iba a aumentar bastante la entropía. Suposición que se vería confirmada al terminar el trabajo. Por otro lado, este sector presentaba el problema ya mencionado de tener buena parte de la edificación en vivienda aislada. Se llegó a una solución de tipo mixto, basada en que una estructura de tipo lineal no necesariamente ha de ir ligada a este tipo de vivienda, en cierto modo teórica, que gráficamente se explica en el capítulo dedicado a variables e intervalos.

## **Zona del Barrio de Salamanca**

"Por Real Decreto de 8 de Abril de 1857 se autorizó al Ministerio de Fomento para que, oyendo

al Ayuntamiento y a la Diputación Provincial de Madrid, y poniéndose de acuerdo con los diferentes Ministerios, se formulara un proyecto de ensanche de la capital<sup>87</sup>. Se trata del proyecto encomendado al ingeniero Carlos María de Castro, aprobado el 19 de Julio de 1860, y que se habría de conocer como "el plan Castro".

Desde el punto de vista que afecta el trabajo sus más importantes características son las siguientes. El número de pisos en edificios particulares no podía exceder de tres, bajo, principal y segundo. Aunque, obviamente, esto no corresponde ya a la situación actual marca una tendencia. Las luchas entre normas y capitalismo, habrían de conducir a una uniformidad en alturas, resultante del aprovechamiento máximo permitido. Se señala también un recinto limitado por un paseo de Ronda y un foso exterior. Se establece un riguroso trazado en cuadrícula con las calles orientadas en la dirección Norte-Sur y Este-Oeste. Esta quizás sea, desde el punto de vista de la estructura urbana, una de las determinaciones más importantes. En efecto, alturas, sistema de espacios verdes, zonificación, etc., han cambiado apreciablemente en poco más de un siglo. Pero el trazado de las calles, de ritmo de evolución mucho más lento, y respondiendo al principio de permanencia o estabilidad de la estructura, permanece en ciertas partes casi inalterado.

El sector concreto elegido es el comprendido entre las calles Padilla y Goya, por un lado, y Serrano y General Mola, por otro. Toca también en uno de sus lados a la plaza del Marqués de Salamanca. Su trazado en cuadrícula es casi perfecto y no presenta prácticamente ninguna interferencia, por lo que en este caso la realidad coincide casi punto por punto con el modelo teórico.

## **Zona de la Calle Mayor**

Corresponde este sector, inmediato al Palacio Real, a una de las zonas más antiguas de Madrid. Incluido dentro del primer recinto murado<sup>88</sup>, la estructura de sus calles es absolutamente anárquica, y solamente el eje que corresponde a la calle Mayor aparece claro. Se puede afirmar que el embrión del futuro desarrollo de Madrid se encuentra ya en este primer recinto. En efecto, a partir del foco inicial constituido por el Palacio Real y en sucesivas ondas expansivas acotadas por cercas y murallas, siempre hacia el Este, ya que la zona Oeste se tropieza con los obstáculos naturales del río Manzanares y los barrancos que dando al mismo constituyen lo que se ha dado en llamar cornisa de Madrid, la capital crece y crece apoyándose en la calle Mayor y posteriormente en la de Alcalá.

La distribución de las calles, sus direcciones y la longitud de sus tramos, varían de tal forma que todo ello parece debido al azar. Se podría llamar a este tipo de estructura indiferenciada, si, a pesar de todo, no se volcara en cierta manera a la calle Mayor. Calle que uniendo dos de las principales puertas del recinto murado corre en dirección Oeste-Este. Primero hacia la puerta del Sol, luego ya, como calle Alcalá, hasta Cibeles, para terminar en la Plaza de la Independencia, en una de las esquinas del Retiro.

Constituye claramente uno de los sectores que hemos llamado no planificados y en las comparaciones finales habrá de ser muy útil desde el punto de vista histórico. Se ha procurado

el acotar una porción de plano lo más uniforme posible, y con este objeto se excluyeron del mismo la Plaza de Isabel II y el teatro Real objeto de cambios posteriores, Palacio y Plaza reales, e incluso Capitanía General con el convento de las Religiosas Bernardas. Aún así, no ha habido más remedio que incluir, para que la muestra no resultara excesivamente pobre, en la zona Oeste, ya dando con los fuertes desniveles al Este del Palacio Real, la Plaza de Ramales, calle del Factor y aledaños, que casi con toda seguridad no conservan su estructura original. Sí se han incluido el Ayuntamiento, la Plaza de la Villa y el mercado de San Miguel, ya que implican muy poca variación respecto al resto.

### **Zona de Puerta de Moros**

Uno de los problemas que planteó mayores dificultades a la hora de elegir los sectores fue el de encontrar uno que respondiera a la estructura radioconcéntrica. Por increíble que pueda parecer dado que Madrid se considera en su totalidad como radioconcéntrico, no había forma de encontrar un sector de estas características en las condiciones que requería el trabajo. Bien es verdad que cualquiera de las muchas plazas existentes proporcionaría estructuras radiales muy claras. Pero solamente en contados casos estas van acompañadas de los correspondientes anillos; y en los casos en que esto sucedía así faltaban algunas de las condiciones que las hicieran aptas para el desarrollo del trabajo.

No obstante, una estructura de este tipo se llegó a detectar con foco en el complejo de plazas formado por las de San Andrés, los Carros, Humilladero y Puerta de Moros. El sector considerado a partir de ese centro presenta el problema de que históricamente se compone de dos partes, en principio diferenciadas. Una, interior al primer recinto murado y situada al Norte del complejo de plazas. La otra, al Sur, constituida por las edificaciones del arrabal que se apoyaba en la Puerta de Moros. El carácter focal de la puerta está sumamente claro y ello fue lo que determinó su inclusión en la serie de sectores. Además, la diferencia estructural, aunque perceptible, es escasa, debido a que aunque respondían a presupuestos distintos, condicionantes de fuera del recinto y de dentro, su plasmación tuvo lugar aproximadamente en el mismo período histórico.

Otro de los problemas, que afecta sobre todo al granulado, pero escasamente a la trama, es la inclusión del mercado de la Cebada, que no había forma de dejar fuera debido al riesgo de mutilar la estructura radioconcéntrica. Ello seguramente ha influido en el cálculo de la entropía al variar la distribución de probabilidades. Pero escasamente, al tratarse de un único elemento singular.

### **Zona de Lavapiés**

Esta hoja, y la número 119 correspondiente a Palomeras y que se comenta a continuación, están relacionadas. Y lo están, no por la cercanía, ni por corresponder a la misma época histórica. Seguramente, tampoco, por tener una entropía análoga, aunque sí posiblemente por contar con una serie de variables de parecida información. Están relacionadas por corresponder a los mismos presupuestos de formación inicial, aunque en dos etapas distintas de su evolución, lo

que significará jugosas comparaciones entre ambas.

La primera muralla, en realidad segunda por existir una previa correspondiente al recinto fortificado, había creado un tipo de estructura en su interior. Estructura que, en cierto modo, se prolongaba en los arrabales cercanos a las puertas. Más allá, lejos, pero no demasiado, de lo que se podía llamar casco urbano, se producía otro tipo de asentamiento, con larguísimas calles en una dirección cortadas por transversales pequeñas, que casi siempre resolvían su intersección con cruces de tres ramales. Esto posiblemente se debía al tipo de parcelas agrícolas pero no es seguro. El caso es que, mirando los dos planos, formalmente responde al mismo tipo, y dado que su proceso de formación es análogo, se puede afirmar que responden a idénticos moldes y probablemente condicionantes. En el caso que nos ocupa, y con posterioridad, las edificaciones quedaron incluidas en una segunda muralla, que ya no era tal sino cerca, porque el enemigo exterior había dejado de inquietar. Y ya, claro, la cuasi-puebla primitiva hubo de evolucionar. Pero algunas de sus características no pudieron hacerlo con la suficiente rapidez, y llegaron hasta nuestros días.

El aislamiento de este sector no fue demasiado difícil, como se puede observar en el plano. El tejido urbano no presenta casi modificaciones apreciables de una parte a otra y se mantiene relativamente uniforme en toda el área. Un granulado finísimo de fincas y parcelas se aparece a nuestros ojos, mientras que una trama de calles, largas, estrechas, lo circunda.

## **Zona de Palomeras**

Probablemente el plano no muestre toda la realidad del sector. Un conjunto homogéneo, cuidado, de viviendas de una planta, encaladas en blanco, con artísticas rejas forjadas de hierro en las ventanas. Casi enteramente sin urbanizar, las calles constituyen auténticos barrizales cuando llueve. Una anarquía en la disposición de las aceras, a pequeños pedazos, con escalones altísimos de vivienda a vivienda, porque cada usuario se ha hecho su trozo. Un bonito ejemplo dentro del mismo Madrid de lo que se ha dado en llamar arquitectura inconsciente, con algunas de las características de la misma: diseño homogéneo, disposiciones empíricas. Pero con una falta fundamental para que se pueda caracterizar como tal, la historia. Tienen lo que Drew llama "un lenguaje de patterns único e incluyente"<sup>89</sup>.

Pero le falta esa "reacción directa ante las inadecuaciones, esa corrección del fallo cuando se produce"<sup>90</sup>. En efecto, Palomeras, aparte de su núcleo inicial, se ha formado con población de aluvión, con gente que ha pasado del campo a la chabola. Y aunque algunos todavía están en esa etapa, de la chabola a la pequeña vivienda construida por ellos mismos. Seguramente algo parecido a lo que sucedió con Lavapiés. Pero falta el factor tiempo, la transmisión del lenguaje del diseño de padres a hijos que vaya puliendo, modificando los detalles, e instaurando grandes determinaciones. Aquí sí que aparecieron bastantes problemas para la determinación del contorno del sector, debido, por una parte, a la intromisión acelerada de las modernas técnicas constructivas y del bloque abierto; y de otra, a los frecuentes espacios en blanco que aparecían. Sin embargo, se llegó a determinar un tejido relativamente uniforme que respondía con fidelidad al criterio propuesto.

## 7 VARIABLES E INTERVALOS

Ya se había dicho que la elección precisamente de la estructura urbana (tal y como se entiende en este trabajo) y no de otra característica, se debía exclusivamente a las posibilidades operativas que manifestaba. También se hablaba de que, simplemente por motivos taxonómicos, se consideraban tres componentes en la misma: trama, granulado y textura<sup>91</sup>. Se analizarán en los distintos apartados de este capítulo, con más detalle, cada una de ellas, y se propondrán sus variables definitorias.

Se hace necesario considerar el condicionamiento previo impuesto para que el trabajo adquiriese características factibles de realización. En concreto, la necesidad de circunscribirse a las variables que operan en el plano de Madrid 1/500 y en los fotoplanos, que en esencia son las mismas. Quedan, por consiguiente, fuera de toda consideración, el color, tipos de pavimentación, clase de arbolado, textura de los materiales de fachada, ritmo de ventanas, etc. Por otra parte tampoco se consideran aquellas otras cuyo cálculo fuera notablemente pesado y engorroso como podrían ser la variación continua de cotas topográficas, o las alturas reales de cornisa.

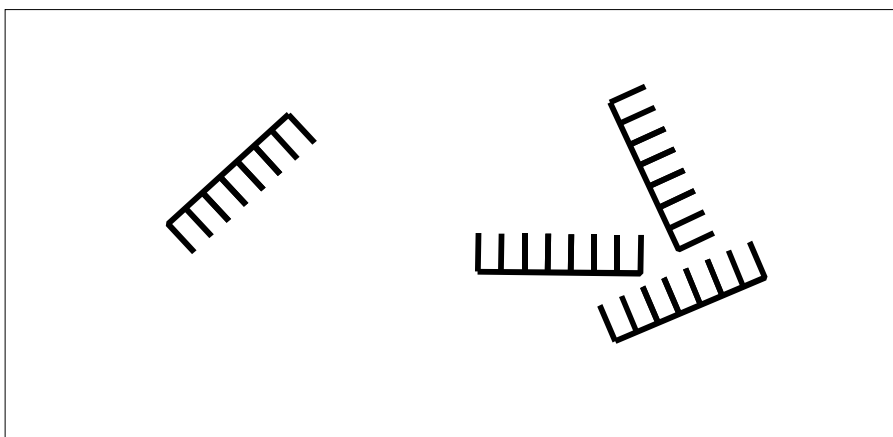
No hay que olvidar además, que el objetivo del trabajo más que llegar a unos resultados era el de experimentar un método operativo, y para ello resultaba, hasta cierto punto, indiferente la elección de variables. Ello no obsta para que a pesar de todo se fuera a realizar un trabajo casi sin objeto y por ello se intentó, dentro de las limitaciones explicadas, realizar la elección lo más congruentemente posible. Como se verá, el resultado no ha sido tan malo como cabría esperar ya que cada componente ha quedado bastante bien caracterizada. Vamos por tanto a comenzar el análisis de cada una explicando los criterios de asignación seguidos.

### **Variables de la trama**

En realidad, de los cinco elementos básicos que Lynch<sup>92</sup> encontró como utilizados por la gente para construir su imagen de la ciudad -viales, distritos, bordes, hitos y nodos- en este estudio solamente se van a considerar los viales.

Las zonas urbanas adoptan modelos distintos que pueden percibirse en sus manzanas y trazados de calles. Sin embargo atendamos a lo que nos dice Gibbert al respecto: "El sistema vial de una población, por ejemplo, provee uno de los esqueletos del molde para aquella y cuando se dice que si su disposición está determinada por los hallazgos de la ingeniería vial, el plano será bueno; que el primer paso en la escenografía urbana consiste en que el ingeniero vial proyecte los caminos, después de lo cual podrán entrar los otros expertos a desarrollar sus respectivas tareas. Ninguna población con sistema defectuoso de caminos, por científico que sea, asegurará una buena población si no se lo relaciona con las demás artes y ciencias y si, por lo menos, no es bello en sí mismo"<sup>93</sup>. Hay que advertir que el sistema viario es simplemente un molde, en bastantes casos más bien un resultado, pero que no es el total de la ciudad, ni mucho menos.

Se podría decir que la trama es la forma de organización general de la ciudad. En cierto modo, la geometría, regular o irregular, formada por las rutas, los espacios abiertos o los edificios<sup>94</sup>. Dado el carácter de los pequeños sectores elegidos y debido a que para el análisis, según se ha explicado, solamente se han considerado las edificaciones en bloque cerrado, los espacios abiertos solo se tomaron a nivel de calles y plazas, confundiendo prácticamente con el sistema viario. Las formas rectilíneas que predominan en la mayoría de los sectores constituyen un tipo de trama. Otro tipo de trama será la que corresponde a la ciudad lineal de Arturo Soria con su espina principal curvada. Un tercer tipo lo constituirán las calles bruscamente quebradas del Madrid antiguo. O un sistema de calles sin salida darán vida a otra trama. Claro que, se está hablando del sistema viario exclusivamente, pero ya se había dicho que de eso se trataba.



Desmenuzando lo dicho se observa la existencia de una variable que caracteriza por encima de todo la componente trama: la dirección. El problema es el de referenciar esta dirección. ¿La referencia debe de ser absoluta, por ejemplo, respecto a un Norte, o relativa, de cada calle respecto a su inmediata que la corta?. En efecto, a pesar de que parece que es el mismo caso, no lo es. Para ello obsérvese la figura de la izquierda y luego la de la derecha. Si se computan las direcciones absolutas es obvio que la figura de la derecha será de una entropía muchísimo mayor que la de la izquierda. Ahora bien, en el caso de que se opere con direcciones relativas la entropía será exactamente la misma ya que las distribuciones de probabilidades serán idénticas. Sin embargo, la realidad es que, debido al soleamiento distinto, posición absoluta distinta, etc., la figura de la derecha es efectivamente de mucha mayor entropía que la de la izquierda. Parece pues lógico el referenciar todas las calles a una única dirección y no hacerlo según el ángulo que cada una forma con la otra.

Se deduce así que la serie de variables que manifiesta el plano 1/500, una de ellas, la dirección, hay que asignársela necesariamente a la componente trama. Anteriormente, al explicar con detalle en que consistía dicha componente, se había hablado de las formas rectilíneas, de espina dorsal curvada -Arturo Soria-, de vías bruscamente quebradas o de un sistema de calles sin salida. Todo ello que se podría englobar en un nombre, tipos de calles,



también se puede reducir a variables sacadas del plano de Madrid. Se explica así que esta componente venga definida por:

- 1 Las direcciones absolutas que forman las calles respecto a una dirección fija.
- 2 Los tipos de calles que se van, a su vez, a dividir en:
  - 2.a Calles rectas.
  - 2.b Calles curvas.
  - 2.c Calles quebradas .
  - 2.d Calles sin salida.
  - 2.e Calles peatonales.

Quedan con ello definidas las variables más importantes que intervienen en la trama y que van a permitir el cálculo de su entropía respecto a las mismas.

## **Variables del granulado**

La segunda componente de que se había hablado era el granulado. Granulado es el grado de finura o tosquedad de una zona urbana<sup>95</sup>. ¿Qué quiere decir esto?. Una zona suburbana con pequeñas viviendas o pequeñas parcelas tiene un granulado fino. Puede también existir granulado fino con pequeñas viviendas sobre solares de tamaños distintos. Sin embargo, los grandes bloques con edificios de diversos tamaños son de granulado grosero. Y lo son también los grandes bloques de tamaños uniformes. Por supuesto que a nivel de trabajo no importa demasiado la distinción entre granulado fino y grosero, pero ayuda perfectamente a comprender cuales son las variables que intervienen en el proceso. Y parece que la más importante, lo mismo que las direcciones absolutas lo eran para la trama, es la longitud de los tramos.

Al estar constituido el plano por direcciones que se entrelazan entre sí, entre cada cruce quedan zonas edificadas en forma compacta, en calle corredor, con patios de manzana o sin ellos, y con patios interiores de parcela o sin ellos<sup>96</sup>. Esta edificación en forma compacta hace que se asimile todo, a poco que la diferencia de alturas a lo largo de la edificación del tramo no sea mucha, a una unidad según las leyes de la Gestalt<sup>97</sup>. Unos tramos enormes, largos, darían obviamente, un granulado grosero. Mientras que tramos cortos, con multitud de cruces y esquinas, darán un granulado fino.

No se entra aquí en discusión sobre la mayor o menor conveniencia de un granulado fino o grosero<sup>98</sup>. Desde el punto de vista de la entropía esta será máxima para la variable que se está estudiando si la distribución de tramos por intervalos responde a una equiprobabilidad. Tanto un granulado fino uniforme como uno grueso bajarán la entropía. De todas formas y dado que un granulado fino puede tener intercalados tramos grandes parece, en teoría, que a este tipo de granulado es al que va a corresponder una mayor entropía.

Ahora bien, lo analizado hasta el momento es únicamente la parte sólida, construida, del granulado, pero hay también una parte abierta que es precisamente la que separa las partes cerradas. Pero es que a su vez, esta parte abierta, o intervalo abierto, tiene su propio ritmo y del

mismo depende la consideración relativa de los tramos sólidos. Tramos sólidos y vacíos se alternan constituyendo el granulado en planta. Por eso, además de considerar la longitud de los tramos edificados, hay que tener en cuenta la longitud total, acera más calzada, entre edificios. Son dos variables de fácil medición en el plano y que caracterizan muy bien el granulado.

Pero con ello no queda completo. En planta es indudable que sí, al registrar la distribución de tramos edificados y sin edificar, pero no en alzado. Ya se dijo que la edificación en forma compacta a lo largo de un tramo se asimilaba a una unidad, siempre y cuando la diferencia de alturas a lo largo del mismo no tenga variaciones ostensibles. Aparece aquí la tercera variable que se va a considerar en el estudio de la componente granulado: la variación de alturas en los edificios colindantes. Edificios enormes responderán a un granulado grueso mientras que edificios de una y dos plantas serán claramente de granulado fino. Esto suponiendo unas longitudes de tramo constantes, pero la cosa se complica más si consideramos en interacción los dos elementos. ¿A qué tipo de granulado corresponderán grandes tramos de una y dos alturas?. Afortunadamente no es pregunta que interese para el trabajo pero da idea de la dificultad que representan los análisis visuales de tipo cualitativo y lo difícil que es el establecimiento de criterios y metodologías para la distinción de los mismos. Está ya materialmente definida la componente que se ha llamado granulado por las siguientes variables:

- 1 Longitud de tramos edificados.
- 2 Anchura total, edificio a edificio, de la calle.
- 3 Variación en la altura de los edificios.

## **Variables de la textura**

Se había definido la textura como el grado de combinación de los elementos sutiles y groseros<sup>99</sup>. El problema es que este grado de combinación nos viene incluido precisamente en el cálculo de la entropía del granulado. Por otra parte el plano suministra una serie de variables "texturales" que aunque no se incluyen directamente en la definición de "combinación de elementos sutiles y groseros", es obvio que se refieren a la textura de la trama. Así, las intersecciones indudablemente no influyen en la combinación de elementos sutiles y groseros, y sin embargo son textura ya que hacen referencia al orden real y simplemente físico del espacio<sup>100</sup>. Lo mismo que hacen referencia a ese orden el número de ramales que coinciden en la misma. Se podría objetar que tanto granulado como trama hacen también referencia a ese orden real y físico del espacio de que habla D'Ors y por tanto son también textura. En cierto modo así ocurre y lo que se pretende es llegar a individualizar las variables de la componente textura, más que por inclusión en una definición coherente, por exclusión. Así que otras dos variables como son la anchura de calzadas y la anchura de aceras que ya no definen, como era el caso de la anchura total, intervalos de espacio libre, las incluimos también en la componente textura.

Para acabar de definir el cuadro solamente queda el hablar de los distintos tipos de intersección. La más sencilla es la simple: dos calles, o más, se cortan en un punto, limpia, secamente, dejando un espacio libre a haces de edificios y sin más problemas, para hacer más

fácil, y en cierto modo marcar visualmente, la intersección. La primera evolución nos habla de un ensanchamiento. El intervalo de espacio abierto al aproximarse al corte con otro se hace un poco más amplio. O bien se recortan las agudas esquinas en chaflanes perceptibles como tales desde el interior del tramo. Una posterior evolución convierte a la intersección ampliada en una plaza. Una plaza se caracteriza, en primer lugar, por tratarse siempre de un ensanchamiento, y en segundo, por el establecimiento de un espacio central, interior a la intersección y diferenciado.

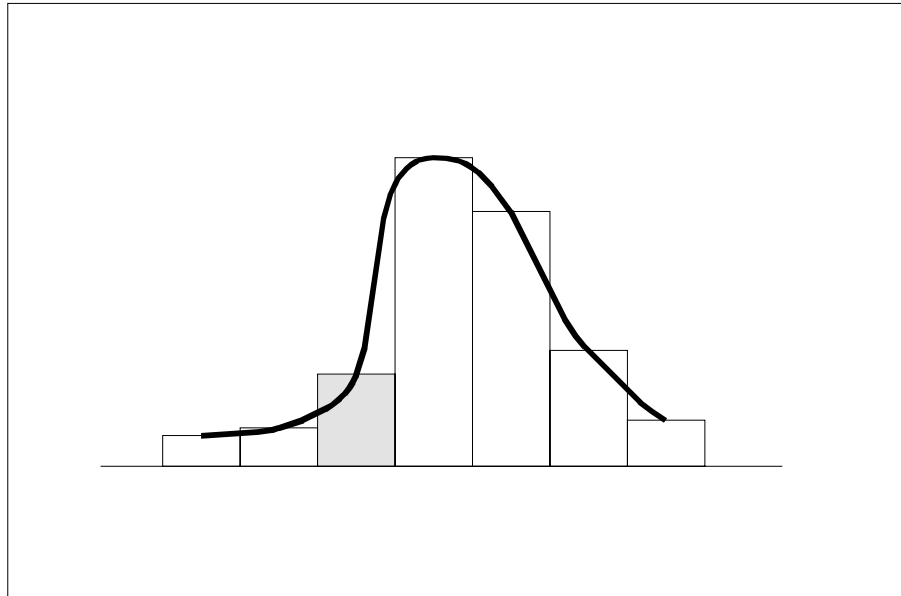
Queda todavía por considerar otro tipo de plaza que no se deriva de una intersección: se trata de las pequeñas, o grandes, plazas que se forman a uno de los lados de la calle como resultado de no edificar alguno de los solares. Este tipo de plaza que se ha llamado "en prolongación", planteó de entrada el problema de la componente en la que se debería de incluir. Como tal espacio abierto influye en la relación intervalo vacío-intervalo macizo, lo que la incluye como variable del granulado. Ahora bien, como elemento singular que era, pertenecía también a la componente textura. Se rechazó la primera de las dos atribuciones ya que dado el escaso número en que aparecía no alteraba en absoluto la relación de espacios. De tal forma que el número de variables incluidas en la componente textura son las siguientes:

- 1 Anchura calzadas.
- 2 Anchura aceras.
- 3 Intersecciones simples.
- 4 Intersecciones ampliadas.
- 5 Plazas.
- 6 En prolongación.
- 7 Número de ramales en la intersección.

Con esto se ha completado el número de variables a estudiar, que repartidas en cada una de las tres componentes de la estructura urbana, suman un total de dieciséis.

## Los intervalos

Así como se han considerado una serie de variables que corresponden a una decisión de tipo binario, ocurre el suceso o no ocurre, hay otras que requieren la elección de intervalos para su situación correcta. Así, por ejemplo, ante una intersección ésta puede ser en plaza o no. En cambio, cualquier tramo tiene una longitud determinada y de lo que se trata es de incluir esta longitud en un intervalo de longitudes dado para poder confeccionar la tabla estadística correspondiente y asignarle unas probabilidades determinadas. ¿Qué sucedería en el caso de que en lugar de intervalos se considerara una curva continua de distribución?



La entropía, al variar el intervalo, variará en la forma que se ha visto anteriormente, aumentando cuanto más fino se haga el mismo. Si se supone una serie de intervalos y su distribución de probabilidad, la entropía que le corresponde será:

$$-\sum p_i \cdot \log(p_i)$$

Pasando al límite, el  $P_i$  tenderá a  $p(x)\Delta x$ , y para  $\Delta x$  tendiendo a cero

$$-\int p(x)dx \cdot \log[p(x)dx] = \infty$$

ya que  $p(x)dx$  se hace infinito.

Es pues necesaria la elección de un intervalo determinado ya que una función de distribución de tipo continuo nos conduce a una entropía infinita. Aún en el supuesto de que fuese discontinua se hace necesario unificar los intervalos para que se puedan comparar las entropías, ya que como la entropía aumenta al disminuir los mismos no resultará indiferente el intervalo que se determine. Ahora bien, dado que la entropía se va a utilizar exclusivamente como medio comparativo si se eligen los mismos intervalos en todas las zonas no se planteará ningún problema.

Por tanto esta decisión habrá que tomarla simplemente a nivel operativo y se hizo de la siguiente forma: después de la realización de los estadillos de encuesta y la posterior toma de datos se procedió a hacer la distribución en intervalos de forma empírica, quedando asignados los siguientes a las distintas variables que los precisaban:

**Longitudes de tramos** (intervalos en metros):

1-15	16-30	31-45	46-60
61-75	76-90	91-105	106-120
121-135	136-150	151-165	166-180
181-195	196-210	211-225	226-240
241-255	256-270	271-285	286-300
más 300			

**Anchura calzadas** (intervalos en metros):

0,0-1,5	1,6-3,0	3,1-4,5	4,6-6,0
6,1-7,5	7,6-9,0	9,1-10,5	10,6-12,0
12,1-13,5	13,6-15,0	15,1-16,5	16,6-18,0
18,1-19,5	19,6-21,0	21,1-22,5	22,6-24,0
24,1-25,5	25,6-27,0		

**Anchura aceras** (intervalos en metros):

0,0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0
4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0
8,1-9,0	9,1-10,0	10,1-11,0	11,1-12,0
12,1-13,0	13,1-14,0	14,1-15,0	15,1-16,0
16,1-17,0	17,1-18,0	18,1-19,0	19,1-20,0

**Anchura total** (intervalo en metros):

1-3	4-6	7-9	10-12
13-15	16-18	19-21	22-24
25-27	28-30	31-33	34-36
37-39	40-42	43-45	46-48

**Direcciones de calles** (intervalo en grados):

0-15	16-30	31-45	46-60
61-75	76-90	91-105	106-120
121-135	136-150	151-165	166-180

**Número de plantas en edificios colindantes** (nº plantas):

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, más de 10

**Ramales en la intersección** (n° de ramales):

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.

Las demás variables, hasta completar las 16, al ser del tipo binario no precisaron la determinación de sus intervalos.

## **8 EL DESARROLLO DEL TRABAJO**

Dado que, en este trabajo, el objetivo inmediato de la toma de datos consiste en la posterior elaboración de tablas estadísticas, las hojas de encuesta se han pensado para que esta elaboración resulte lo más sencilla posible. Así, se ha considerado lo más conveniente el distribuir los datos en tres tipos de hojas diferentes que se han llamado: número uno, número dos y número tres. En cada una de ellas las variables están agrupadas de forma que no sea necesario acudir a ninguna de las otras dos. Así, por ejemplo, para asignar una determinada anchura de acera a un intervalo basta con la hoja número uno, que nos da la longitud del tramo en metros que corresponde a esa anchura de acera.

En términos generales, en la hoja uno se agrupan las variables referentes a las calles, en planta. En la número dos se incluye el número de plantas en edificios colindantes y en la tres van todos los datos referentes a intersecciones. Más adelante se analizan detenidamente cada una de ellas. Siguiendo con los criterios generales que marcan el agrupamiento de datos en las hojas, puede resultar extraño el constatar que una de ellas, la número dos, se dedica exclusivamente al número de plantas. Ello fue debido a la necesidad de realizar en solamente dos operaciones manuales la tabla que se deducía de las mismas.

Otra de las cuestiones a considerar es la referente a posibilidades de error. Para poder efectuar un pequeño muestreo de la fiabilidad de la encuesta, cada dato debería de poder referirse a su localización exacta en el plano. Esto, que como se verá más adelante, se solucionó de la forma más sencilla, creó no pocos problemas al comienzo y fue causa de que las hojas definitivas fueran el tercer modelo de las mismas realizado. Los mayores inconvenientes provenían del hecho de utilizar una nomenclatura conjunta y combinada para cruces, tramos y calles. Después de haber efectuado las pruebas pertinentes se vio que era necesario separar el sistema de identificación de las calles y tramos del de las intersecciones. Dado que los datos referentes a intersecciones estaban todos agrupados en la misma hoja no hubo ningún inconveniente en utilizar números, tanto para los tramos como para las mismas intersecciones.

Se constituyen así las hojas de encuesta en un fiel modelo de los planos empleados, con la ventaja de contener solamente aquellas variables estrictamente necesarias para la elaboración de las tablas estadísticas. Una vez realizada la toma de datos la realidad es que los planos de partida sobran y estas los sustituyen. Ni tan siquiera sería necesario incluirlos en el trabajo. A partir de este momento están de más, ya que, en adelante, todas las determinaciones serán cuantitativas, y las elaboraciones numéricas.

## Sistema de identificación en el plano

Las variables, longitud de tramo, anchura de calzada, anchura de acera, anchura total, dirección absoluta, calle recta, calle curva, calle quebrada, calle sin salida, calle peatonal, se refieren al tramo. Será pues necesario identificar cada tramo. La determinación de la calle no ofrece ninguna dificultad puesto que ya en el plano tiene un nombre. Parece lógico pues definir el tramo, en primer lugar, por el nombre de la calle. Pero una calle puede estar constituida, bien por un solo tramo o bien por varios. Si está constituida por uno solo tampoco hay la menor dificultad, pero si son varios es necesario numerarlos. Los números asignados a cada tramo de calle son correlativos con objeto de facilitar su localización. Así que, en las hojas que corresponden a estas variables, cada tramo viene determinado por el nombre de la calle y un número que se le ha asignado directamente en el plano.

La variable número de plantas en edificios colindantes viene referida al total de la calle y no por tramos, con objeto, ya explicado, de ahorrar un paso en la elaboración de las tablas estadísticas. Las variables, intersección simple, intersección ampliada, plaza, en prolongación, número de ramales en la intersección, se determinan por un número que se les asigna directamente en el plano para cada hoja. Surgieron algunos problemas sobre la posible confusión que se podría dar en el plano, entre los números de los tramos y los correspondientes a intersecciones por lo que se decidió distinguirlos rodeando con un círculo los correspondientes a las variables de la hoja número tres. De tal forma que la localización en el plano se consigue mediante los siguientes elementos:

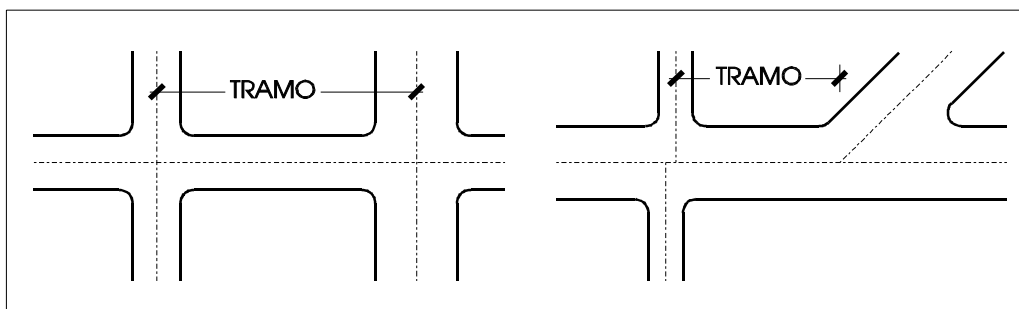
- 1 Número de identificación del plano, que coincide con el de la Gerencia de Urbanismo, y del que ya se ha hablado.
- 2 Nombres de las calles.
- 3 Números correspondientes a cada tramo de una calle y correlativos en la misma.
- 4 Números, rodeados con un círculo, identificativos de las intersecciones, y también generalmente correlativos de intersección a intersección.

## La hoja número uno

La hoja está dividida en tres partes principales. Una, para determinación del dato, con el nombre de la calle y el número del tramo. Otra que incluye una serie de variables de posible valor continuo. La tercera, tipos de calles, alternativa. Como el análisis del sistema de identificación se ha visto en el apartado anterior se van a dar algunas precisiones respecto a las otras dos partes. La casilla de longitud de tramo aparece recuadrada en negro por ser fundamental para la asignación de los metros de acera, calzada, total o dirección absoluta, asignados a cada intervalo.

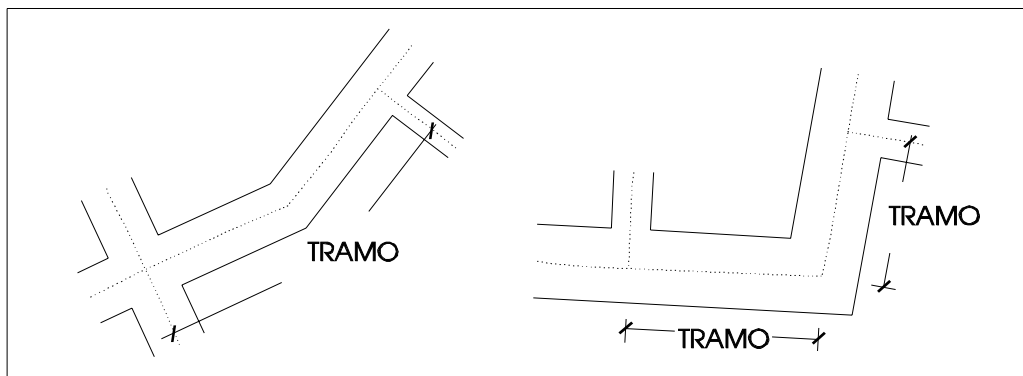
1 Número de tramo							
2 Longitud del tramo en metros							
3 Anchura de la calzada en metros							
4 Anchura de la acera en metros							
5 Anchura total en metros							
6 Dirección en grados							
7 Tipo: (1) Recta; (2) Curva; (3) Quebrada; (4) Sin salida; (5) Peatonal							
<b>ZONA 49</b>							
<b>CALLE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
ASURA	1	75	9	5	14	20	1
GENERAL ARANAZ	1	77	6	4	10	121	14

Su medición se realiza de eje a eje de intersección. Se considerará tramo distinto en cuanto aparezca un cruce.

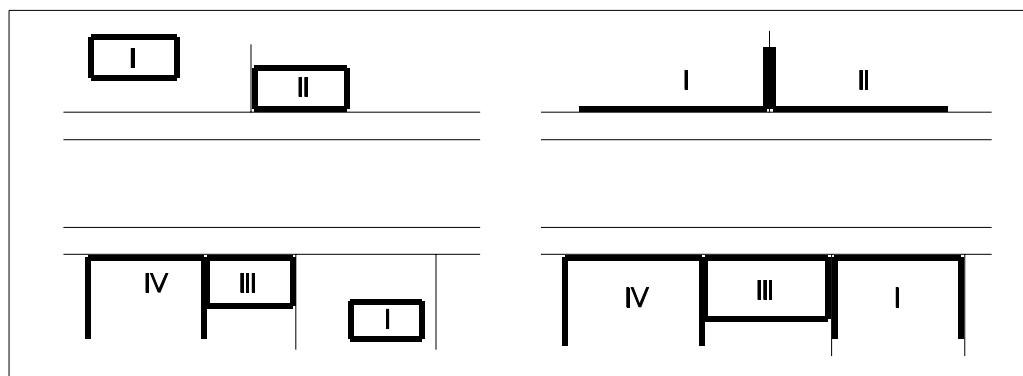


Esto soluciona los problemas de borde al tomarse a eje y hacer coincidir siempre los borde con calles. Cuando estas no existan (descampado al borde), se supondrá una vía análoga a otras de borde en la misma hoja. Cuando la calle forme un codo, cercano, o menor, de los noventa grados se considerarán dos tramos, a pesar de que no exista cruce.



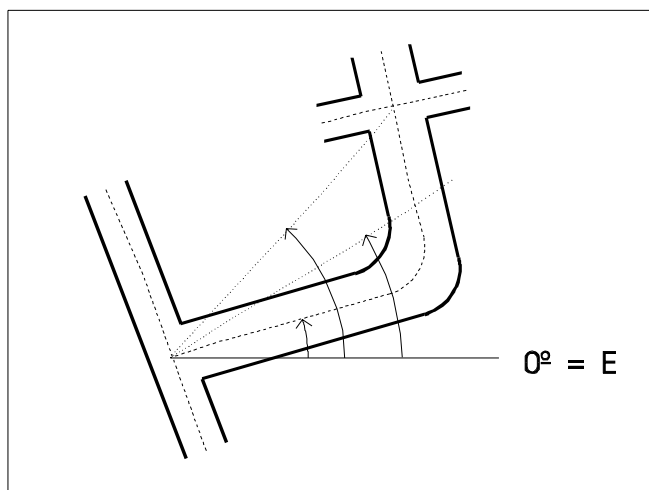


La anchura de calzada se refiere a la anchura de calle correspondiente a la capa de rodadura para automóviles. No existirá cuando la calle sea peatonal, o bien, cuando por no estar realizada todavía la urbanización no exista. Este es un problema particularmente importante para alguna hoja de plano como la 119, en la cual la mayoría de las calles permanecen sin urbanizar. La anchura de calzada será igual a la anchura total, prácticamente en el único caso de autopista, sin aceras para peatones. La anchura de acera será la del total de la calle menos la de calzada. Las escaleras se toman como tramos totalmente de acera.

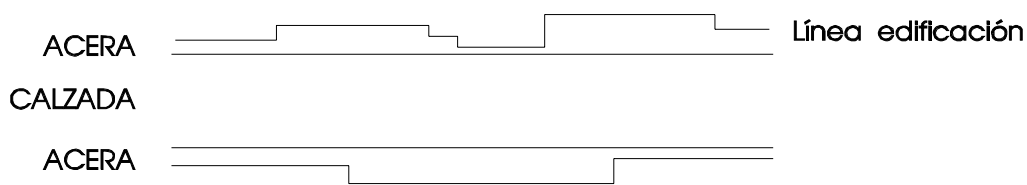


Anchura total: la que existe entre edificaciones. Si la línea de edificación presenta una serie de entrantes y salientes, caso típico del Madrid antiguo, se supondrá una línea ideal media de la edificación y se medirá tomando a ésta como referencia. Si la variación es muy fuerte dentro del tramo y no es posible hallar la línea media, caso de que las alineaciones sean convergentes o divergentes, se tomará la medida máxima y la mínima y se hallará la media aritmética. Esta última solución no es demasiado ortodoxa pero es la menos mala. Dado que el estudio se hace sobre formación de manzana cerrada, en calles compactas, las zonas de vivienda unifamiliar se asimilan a ella, de tal forma que se supone una edificación a borde de solar, y todo a lo largo del mismo, de la altura que tenga la vivienda aislada.

Las direcciones se medirán en grados sexagesimales a partir de un cero hipotético coincidente con la dirección Este y en el sentido contrario al de las agujas del reloj. En el caso de codos fuertes la dirección que se medirá será la de la tendencia media del tramo.



En cuanto a los tipos de calles se colocará un asterisco en la casilla que corresponda, teniendo presente que un tramo puede ser al mismo tiempo peatonal y sin salida; o recto, curvo y peatonal, etc. Las únicas casillas excluyentes serán la recta y la quebrada ya que se considera un tramo como quebrado cuando presenta salientes y entrantes pronunciados.



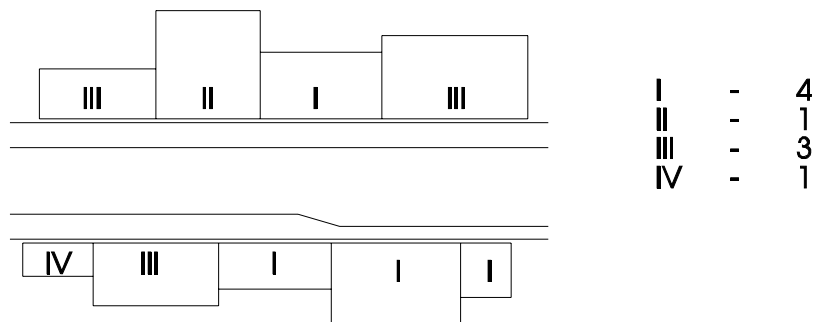
**SOLO QUEBRADA Y NO RECTA Y QUEBRADA**

## Hoja número dos

Está dividida en dos partes. Una, para determinación del dato, con el nombre de la calle, y otra, donde se incluyen el número de alturas que corresponden a la variación de las mismas.

(1, 2, 3...) Número de plantas											
M Más de 10 plantas											
<b>ZONA 49</b>											
CALLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M
ASURA	4	3									
GENERAL ARANAZ	5	4	2	1							

Dado que lo pretendido era el estudio de la variación de alturas, este se llevó a cabo contando una vez por cada número que aparecía en el plano, sin considerar su mayor o menor extensión.



Se entenderá mejor observando el ejemplo de arriba en el que con números romanos aparece el número de alturas, y con números latinos el de veces. El sistema tiene el inconveniente, ya apuntado, de no considerar la extensión. O sea, no se computan los metros del tramo con tres alturas, sino el número de veces que aparece el III. Esto no da más que una simple aproximación de la distribución de alturas y en algunos casos, como el del ejemplo de arriba, trae consigo errores de bulto.

La justificación de esta manera de operar no es más que de posibilidades de realización. Además, en grandes números la diferencia no es excesivamente apreciable. Otro de los problemas es que el número de plantas no refleja necesariamente las alturas de coronación de los edificios que es lo realmente interesante.

La referencia ha sido a la calle y no al tramo por considerar esta determinación como suficiente ya que no influyen, ni direcciones, que podrían variar con el tramo, ni anchura, ni ninguna de las variables estudiadas en la hoja número 1.

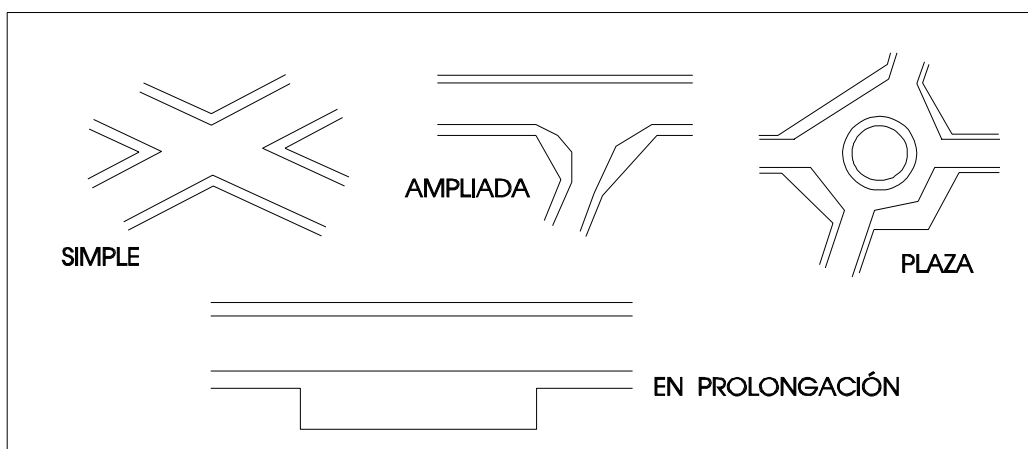
### Hoja número tres

La hoja está dividida en tres partes principales. Una, para determinación del dato con el número de referencia del plano, que es el encerrado en un círculo. Otra, que incluye una serie de variables del tipo de intersección y plazas, con valores alternativos. La tercera, 0° en intersección, el número de ramales que acometen al cruce referenciado.

HOJA 3:

1 Simple					
2 Ampliada					
3 Plaza					
4 En prolongación					
5 Ramales en la intersección					
<b>ÁREA 49</b>					
<b>REFERENCIA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1		1			
2		1			

Como el análisis del sistema de identificación se ha visto en el apartado anterior, se van a dar algunas precisiones respecto a las otras dos partes. Se ha considerado intersección simple, siempre y cuando la misma sea limpia, sin ningún tipo de ensanchamiento. Si éste aparece será ampliada, y basta para que ocurra, con una simple divergencia hacia el cruce en la alineación.



Ya se ha definido lo que se entiende por plaza: intersección con ensanchamiento y existencia de isleta central aunque esté reducida a su mínima expresión o sea simplemente simbólica, como sería el caso de señalización de calzada en glorieta. La plaza en prolongación no es el resultado de una intersección y su inclusión en esta hoja planteó dudas ya discutidas.

### Ejemplos de hojas de datos

Se incluye a continuación un ejemplos de cada uno de los tres tipos de hojas de datos utilizadas para el trabajo y confeccionadas según las directrices dadas en el capítulo.

El ejemplo elegido para la hoja de datos número 1 es el correspondiente a la zona 67 del barrio de Salamanca.

El ejemplo elegido para la hoja de datos número 2 es el correspondiente a la zona 49 de Arturo Soria.

El ejemplo elegido para la hoja de datos número 3 es el correspondiente a la zona 73 de la calle Mayor.

**Hoja 1:**

1 Número de tramo
2 Longitud del tramo en metros
3 Anchura de la calzada en metros
4 Anchura de la acera en metros
5 Anchura total en metros
6 Dirección en grados
7 Tipo: (1) Recta; (2) Curva; (3) Quebrada; (4) Sin salida; (5) Peatonal

**ZONA 67**

CALLE	1	2	3	4	5	6	7
PADILLA	1	68	9	6	15	177	1
	2	68	9	6	15	177	1
	3	68	9	6	15	177	1
	4	90	9	6	15	177	1
	5	90	9	6	15	177	1
	6	90	9	6	15	177	1
ORTEGA Y GASSET	1	70	15	15	30	176	1

<b>ZONA 67</b>							
<b>CALLE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
	2	70	15	15	30	176	1
	3	70	15	15	30	176	1
	4	90	15	15	30	176	1
	5	90	15	15	30	176	1
	6	50	15	15	30	176	1
RAMÓN DE LA CRUZ	1	74	9	6	15	176	1
	2	72	9	6	15	176	1
	3	72	9	6	15	176	1
	4	90	9	6	15	176	1
	5	90	9	6	15	176	1
	6	92	9	6	15	176	1
AYALA	1	78	9	6	15	176	1
	2	78	9	6	15	176	1
	3	77	9	6	15	176	1
	4	90	9	6	15	176	1
	5	90	9	6	15	176	1
	6	92	9	6	15	176	1
HERMOSILLA	1	82	9	6	15	178	1
	2	81	9	6	15	178	1
	3	82	9	6	15	178	1
	4	93	9	6	15	178	1
	5	90	9	6	15	178	1
	6	91	9	6	15	178	1
GOYA	1	84	20	10	30	177	1
	2	85	20	10	30	177	1
	3	85	20	10	30	177	1
	4	92	20	10	30	177	1

Hoja 2:

Número de plantas en edificios colindantes
1 Una planta
2 Dos plantas
3 Tres plantas
4 Cuatro plantas
5 Cinco plantas
6 Seis plantas
7 Siete plantas
8 Ocho plantas
9 Nueve plantas
10 Diez plantas
M Más de 10 plantas

**ZONA 49**

CALLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M
ASURA	4	3									
GENERAL ARANAZ	5	4	2	1							
ARTURO SORIA	19	20	4								
AGASTIA	17	21	6	2		3					
EMILIO VARGAS	5	8	2	3	1	1					
GREGORIO BENÍTEZ	9	3	3	2	1						
COLIDÓN	10	3	1								
FERNÁNDEZ RUBÍN	4	3	2	2	2						
AVENIDA DE AMÉRICA	10	5	1	4							
HERNÁNDEZ DE TEJADA	15	7	2								
JOSEFA VALCÁRCEL	6	5	4	1							
JUNO AUSTIN	4	1	2								
CONDESA VENADITO	2	3	3	4	2	1					
MANUEL CAVERO	6	1		1							
JOSÉ MARÍA CAVERO	14	5									
ANGELITA CAVERO	15	7		1	2						

**Hoja 3:**

1 Simple
2 Ampliada
3 Plaza
4 En prolongación
5 Ramales en la intersección

<b>ZONA 73</b>					
<b>REFERENCIA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1			1		2
2		1			4
3			1		6
4	1				4
5			1		4
6			1		4
7			1		5
8		1			3
9	1				3
10	1				3
11	1				3
12				1	2
13	1				3
14		1			4
15	1				3
16	1				3
17	1				4
18	1				3
19	1				4
20			1		6
21			1		7
22	1				3
23	1				3
24				1	2
25				1	2



## 8.1 La elaboración de los datos

Continuando con la metodología explicada, el paso siguiente, después del de la toma de datos, fue el de la elaboración de las tablas estadísticas que permitieran el cálculo de la entropía. Como en la fórmula de la entropía interviene solamente el factor estadístico probabilidad, en las tablas solamente aparecen las frecuencias absolutas y relativas correspondientes a los distintos intervalos. Se organizan dos tipos de tablas, debido al distinto carácter de las variables. Una, correspondiente a las de tipo continuo y compartimentada en intervalos que permitan su cálculo; intervalos, que ya se ha visto, han de ser iguales para todas las hojas dentro de una misma variable. Otra, en la cual se agrupan diversas variables de tipo alternativo, que se tratan en forma conjunta. En concreto, aparecen en forma de intervalo las variables siguientes:

- 1 Longitudes de tramos.
- 2 Anchura de calzadas, automóviles.
- 3 Anchura de aceras, peatones.
- 4 Anchura total calle.
- 5 Direcciones de calles.
- 6 Número de plantas en edificios colindantes.
- 7 Ramales en la intersección.

Mientras que otras se han agrupado en paquetes unitarios de datos en la forma siguiente:

- 1 Tipos de calles. Integrado por: recta, curva, quebrada, sin salida y peatonal.
- 2 Tipos de intersecciones. Integrado por: simple, ampliada, plaza, y prolongación.

En definitiva, a pesar de las diferencias apuntadas, el objeto a cumplir estaba bastante claro: determinación de las frecuencias relativas dadas por cada intervalo, o, en su caso, por cada variable de las integrantes de un grupo respecto al total. Y así, con las frecuencias relativas se obtienen fácilmente las probabilidades de los sucesos considerados<sup>101</sup>. Solamente hay un caso en que esto no ocurre así ya que los sucesos no son incompatibles, y se hace necesario el cálculo en forma separada<sup>102</sup>: en los tipos de calles. Lo que se hace entonces es considerar los experimentos como si en realidad fuesen independientes y sumarlas como tales. De esta forma pueden servir perfectamente bien las probabilidades relativas para su cálculo. Su elaboración se realizó a partir de las hojas de toma de datos por simple recuento de las mismas. En el caso de las variables correspondientes a la hoja número uno el mismo se hizo de la siguiente manera: del valor de la variable correspondiente al intervalo que fuese, se tomaron los metros de longitud del tramo de su misma línea, que posteriormente se sumaron a los demás dentro del mismo intervalo; al final, a cada uno le corresponderían un número total de metros.

En el caso de las alturas en edificios colindantes fue mucho más sencilla la distribución de frecuencias absolutas ya que se reducía a sumar los valores de cada columna. También fue bastante fácil el cálculo del cuadro en el caso del número de ramales que acometen a una intersección ya que no era preciso el buscar la longitud de tramo por no tener influencia alguna. Para las variables agrupadas en tipos de calle y de intersección, el problema se reducía a contar

el número de asteriscos y sumar.

Una vez realizadas las tablas de frecuencias absolutas y como la frecuencia relativa es igual a la absoluta dividida por el número total de casos<sup>103</sup>

$$f = \frac{F}{N}$$

su cálculo no presentó ninguna dificultad. Se incluyen también en la misma tabla los totales, tanto de frecuencias relativas como absolutas. En algún caso, para las relativas, ha sido necesario redondear en ocasiones alguna diezmilésima para que la suma alcanzase el 1,0000 exacto.

Como ejemplo, se reproduce a continuación una tabla estadística confeccionada con los criterios y en la forma que se ha explicado anteriormente.

Tabla estadística		
LONGITUDES DE TRAMOS		
INTERVALO metros	HOJA 85	
	F	f
1-15	4	0,0519
16-30	13	0,1688
31-45	17	0,2208
46-60	15	0,1948
61-75	8	0,1039
76-90	11	0,1429
91-105	5	0,0649
106-120	1	0,0130
121-135	1	0,0130
136-150	0	0,0000
151-165	0	0,0000
166-180	1	0,0130
181-195	0	0,0000
196-210	1	0,0130
211-225	0	0,0000
226-240	0	0,0000

241-255	0	0,0000
256-270	0	0,0000
271-285	0	0,0000
286-300	0	0,0000
más de 300	0	0,0000
<b>TOTALES</b>	<b>77</b>	<b>1,0000</b>

## 8.2 Cálculos realizados

Estableciendo la correspondencia entre cada suceso y su propia cantidad de información, su valor medio es la información del fenómeno y se llama entropía<sup>104</sup>

$$I = H(s) = -\sum_{i=1}^n p_i * Lp_i$$

A una fórmula análoga llega Brullouin. Supone un estado inicial,  $I_0 = 0$ , con  $P_0$  estados igualmente probables; y un estado final  $I_1 \neq 0$ , con  $P_1 = 1$ , es decir, un solo estado seleccionado. El símbolo  $I$  representa la información, definida por la relación

$$I_i = k * \ln(P_o)$$

Siendo  $k$  una constante y  $\ln$  logaritmo neperiano. Si las probabilidades a priori son,  $P_1, P_2, \dots, P_j$  para los símbolos  $1, 2, \dots, j$ , respectivamente, la cantidad de información por símbolo tiene el valor<sup>105</sup>:

$$\frac{I}{\text{símbolo}} = -k * \sum p_j * \ln(p_j) \quad (I)$$

Esta ecuación la obtiene a partir de la fórmula que le daba la información por símbolo en la hipótesis de una elección sin contrario,

$$\frac{I}{\text{símbolo}} = \frac{k}{G} * \ln(m^G) = k * \ln(m) \quad (II)$$

aplicada a los  $m$  símbolos distintos igualmente probables, y siendo  $G$  el número total de símbolos utilizados<sup>106</sup>.

Shannon, por el contrario, parte de la ecuación (I) para llegar a la (II). Se suponen, en efecto,  $m$  símbolos diferentes, cada uno de los cuales tiene la misma probabilidad a priori. En

estas condiciones:

$$p_1 = p_2 = \dots = p_j = \dots = p_m = \frac{l}{m}$$

y de la ecuación (I) resulta<sup>107</sup>:

$$\frac{I}{\text{símbolo}} = -k * \sum \left(\frac{l}{m}\right) * \ln\left(\frac{l}{m}\right) = -k * \ln\left(\frac{l}{m}\right) = k * \ln(m)$$

que es precisamente la fórmula (II).

De cualquier forma, y sea cual sea el sistema para llegar a la misma, parece como indiscutible que la cantidad de información o entropía, ya que prácticamente las hemos asimilado, es igual a menos la suma de las probabilidades por el logaritmo de las mismas, y extendida esta suma a los  $n$  símbolos. Esta entropía es una suerte de entropía media o entropía por símbolo, y de ninguna manera la absoluta que corresponde a la totalidad de símbolos que aparecen en la zona estudiada. Por eso no hay ningún inconveniente en que los sectores elegidos tengan superficie distinta. En última instancia las frecuencias absolutas se convierten en relativas y sea cual sea el área, dado que son sucesos excluyentes, suman siempre uno.

Si en lugar de operar con frecuencias relativas, lo que en este caso resulta más cómodo, se desea hacerlo con absolutas, y dado que

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

como<sup>108</sup>

$$H = -\sum p_i * \log_2(p_i) = -\sum \left(\frac{n_i}{N}\right) * \log_2\left(\frac{n_i}{N}\right)$$

es decir:

$$H = -\frac{1}{N} \sum n_i * \log_2(n_i) + \log_2(N) \quad (III)$$

que nos da la entropía en función de las frecuencias absolutas y el número total de casos. Se emplean logaritmos en base dos para fijar definitivamente la unidad en bits. Para el desarrollo concreto de los cálculos en el trabajo se ha empleado la fórmula

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i * \log_2(p_i) \quad (IV)$$

que nos da la entropía directamente en bits. Dado el problema que representaba el conseguir tablas de logaritmos en base dos se optó por convertir la fórmula en otra:

$$H = -3,3219 p_i * \log_{10}(p_i)$$

ya que

$$\log_2 x = 3,3219 \log_{10} x$$

Al usar probabilidades relativas y estas estar siempre comprendidas entre 0 y 1, su logaritmo en base diez sale siempre negativo por lo cual los signos menos, el de la fórmula y el que resulta de hallar el logaritmo de un número menor que 1, se anulan y acaban dando una entropía positiva en la totalidad de los casos.

Aunque en un principio se pensó que la fórmula (III) sería de más fácil utilización al no requerir el cálculo de las frecuencias relativas, posteriormente se vio que esto no era así, y de ahí la conveniencia del uso de la (IV). Las tablas de cálculo se han formado a partir de la frecuencia relativa obtenida en las tablas estadísticas ya explicadas. El resultado lo ha sido de hallar el logaritmo en base diez de la frecuencia relativa, multiplicarlo por ella, y posteriormente por la constante de conversión a base dos.

$$-3,3219 p_i * \log_{10}(p_i)$$

Esto se ha hecho para cada intervalo, al que corresponde una pareja de números, y para cada hoja del plano considerada. Para determinar la entropía total de una variable específica en una hoja, solamente hay que sumar la correspondiente a los distintos intervalos. A continuación se incluye como ejemplo una tabla de cálculo de las realizadas

Tabla estadística		
ANCHURA TOTAL CALLE		
INTERVALO	HOJA	
	f	e
metros		
1-3	0,0000	
4-6	0,0279	0,1441
7-9	0,8088	0,2476

10-12	0,0502	0,2167
13-15	0,0934	0,3194
16-18	0,0128	0,0805
19-21	0,0000	
22-24	0,0069	0,0496
25-27	0,0000	
28-30	0,0000	
31-33	0,0000	
34-36	0,0000	
37-39	0,0000	
40-42	0,0000	
43-45	0,0000	
46-48	0,0000	
49-51	0,0000	
	<b>SUMA</b>	<b>1,0579</b>

### 8.3 Totales obtenidos

Dado que las tablas de cálculo dan la entropía en bits por variable, y por hoja de plano, para los distintos intervalos, se hace necesario agrupar los mismos para poder extraer las debidas conclusiones. La primera operación a realizar consistirá en sumar los bits de cada intervalo con lo cual obtendremos la entropía por variable que corresponde a las distintas hojas.

También interesa la influencia que cada variable pueda tener en el cómputo final de la hoja, para lo cual se hace precisa otra totalización distinta de la anterior y basada en el sector de plano considerado. Por fin, una suma total de todas las variables que intervienen en el proceso le asignará un número en bits, entropía, cantidad de información a cada zona.

Se incluyen, por tanto, a continuación los resultados totales obtenidos, tanto por variable como por área. Por variable según: longitudes de tramos, anchura de calzada para automóviles, anchura de acera para peatones, anchura total de la calle, direcciones de las calles, tipos de calles, número de plantas en edificios colindantes, tipos de intersección y ramales en la intersección. Por áreas según: hoja número 49 (Ciudad Lineal), hoja número 67 (Barrio de Salamanca), hoja número 73 (Calle Mayor), hoja número 85 (Puerta de Moros), hoja número 86 (Lavapiés) y hoja número 119 (Palomeras).

## LONGITUDES DE TRAMOS

HOJA NÚMERO	ENTROPÍA EN BITS
Ciudad Lineal	2,9442
Barrio de Salamanca	2,5780
Calle Mayor	2,4295
Puerta de Moros	2,9179
Lavapiés	2,8340
Palomeras	2,9554

## ANCHURA CALZADA, AUTOMÓVILES

HOJA NÚMERO	ENTROPÍA EN BITS
Ciudad Lineal	2,5719
Barrio de Salamanca	1,6262
Calle Mayor	2,3637
Puerta de Moros	2,1499
Lavapiés	2,0534
Palomeras	1,2755

## ANCHURA ACERA, PEATONES

HOJA NÚMERO	ENTROPÍA EN BITS
Ciudad Lineal	3,1077
Barrio de Salamanca	1,8618
Calle Mayor	1,9430
Puerta de Moros	2,3569
Lavapiés	1,7548
Palomeras	2,1491

## ANCHURA TOTAL CALLE

HOJA NÚMERO	ENTROPÍA EN BITS
Ciudad Lineal	2,5645
Barrio de Salamanca	0,9923
Calle Mayor	2,0982
Puerta de Moros	2,1181
Lavapiés	1,6014
Palomeras	1,0579

**DIRECCIONES DE CALLES**

<b>HOJA NÚMERO</b>	<b>ENTROPÍA EN BITS</b>
Ciudad Lineal	2,3976
Barrio de Salamanca	0,9773
Calle Mayor	2,9818
Puerta de Moros	3,2817
Lavapiés	2,9447
Palomeras	2,9452

**TIPOS DE CALLES**

<b>HOJA NÚMERO</b>	<b>ENTROPÍA EN BITS</b>
Ciudad Lineal	1,3803
Barrio de Salamanca	0,4456
Calle Mayor	1,4186
Puerta de Moros	1,3115
Lavapiés	1,0388
Palomeras	1,4908

**NÚMERO DE PLANTAS EN EDIFICIOS COLINDANTES**

<b>HOJA NÚMERO</b>	<b>ENTROPÍA EN BITS</b>
Ciudad Lineal	1,7378
Barrio de Salamanca	2,6438
Calle Mayor	2,2818
Puerta de Moros	2,2184
Lavapiés	2,1119
Palomeras	0,5126

**TIPOS DE INTERSECCIÓN**

<b>HOJA NÚMERO</b>	<b>ENTROPÍA EN BITS</b>
Ciudad Lineal	1,1783
Barrio de Salamanca	0,1593
Calle Mayor	1,5728
Puerta de Moros	1,3572
Lavapiés	1,4508
Palomeras	1,2437



## RAMALES EN LA INTERSECCIÓN

HOJA NÚMERO	ENTROPÍA EN BITS
Ciudad Lineal	1,3761
Barrio de Salamanca	0,2714
Calle Mayor	2,0366
Puerta de Moros	1,3148
Lavapiés	1,6067
Palomeras	1,4643

Por zonas:

ZONA DE CIUDAD LINEAL	ENTROPÍA EN BITS
Longitudes tramos	2,9442
Anchura calzadas	2,5719
Anchura aceras	3,1077
Anchura total	2,5645
Direcciones	2,3976
Tipos de calles	1,3803
Número de plantas	1,7378
Tipos intersecciones	1,1783
Ramales en intersección	1,3761
<b>TOTAL</b>	<b>19,2584</b>

ZONA DEL BARRIO DE SALAMANCA	ENTROPÍA EN BITS
Longitudes tramos	2,5780
Anchura calzadas	1,6262
Anchura aceras	1,8618
Anchura total	0,9923
Direcciones	0,9773
Tipos de calles	0,4456
Número de plantas	2,6438
Tipos intersecciones	0,1593
Ramales en intersección	0,2714

<b>TOTAL</b>	<b>11,5557</b>
--------------	----------------

<b>ZONA DE LA CALLE MAYOR</b>	<b>ENTROPÍA EN BITS</b>
Longitudes tramos	2,4295
Anchura calzadas	2,3637
Anchura aceras	1,9430
Anchura total	2,0982
Direcciones	2,9818
Tipos de calles	1,4186
Número de plantas	2,2818
Tipos intersecciones	1,5728
Ramales en intersección	2,0366
<b>TOTAL</b>	<b>19,1260</b>

<b>ZONA DE PUERTA DE MOROS</b>	<b>ENTROPÍA EN BITS</b>
Longitudes tramos	2,9179
Anchura calzadas	2,1499
Anchura aceras	2,3569
Anchura total	2,1181
Direcciones	3,2817
Tipos de calles	1,3115
Número de plantas	2,2184
Tipos intersecciones	1,3572
Ramales en intersección	1,3148
<b>TOTAL</b>	<b>19,0264</b>

<b>ZONA DE LAVAPIÉS</b>	<b>ENTROPÍA EN BITS</b>
Longitudes tramos	2,8340
Anchura calzadas	2,0534
Anchura aceras	1,7548
Anchura total	1,6014

Direcciones	2,9447
Tipos de calles	1,0388
Número de plantas	2,1119
Tipos intersecciones	1,4508
Ramales en intersección	1,6067
<b>TOTAL</b>	<b>17,3965</b>

<b>ZONA DE PALOMERAS</b>	<b>ENTROPÍA EN BITS</b>
Longitudes tramos	2,9554
Anchura calzadas	1,2755
Anchura aceras	2,1491
Anchura total	1,0579
Direcciones	2,9452
Tipos de calles	1,4908
Número de plantas	0,5126
Tipos intersecciones	1,2437
Ramales en intersección	1,4643
<b>TOTAL</b>	<b>15,0945</b>

## 9 CONCLUSIONES

### Comparaciones según variables

**Longitudes de tramo.** Se hace verdaderamente asombrosa la escasa diferencia entre las entropías de los distintos sectores para esta variable concreta. En efecto, el porcentaje de diferencia entre la más alta y la más baja es del 12,8% respecto a aquélla. La desviación típica es de 0,2206 para una media aritmética de 2,7765 bits, lo que da idea de la casi constancia en la entropía que proporciona esta variable para los sectores considerados. Dada la extraordinaria diversidad de los mismos, según hemos ya analizado, ello podría indicar que las longitudes de tramo en la estructura urbana de Madrid presentan una entropía más o menos uniforme en toda la capital.

Otra de las constataciones chocantes de la variable es que, aún dentro de la escasa diferencia entre las entropías, la máxima corresponde a un sector planificado en alto grado

como la Ciudad Lineal de Arturo Soria mientras que, por contra, la más baja corresponde al sector menos planificado. Posiblemente se deba, más que a circunstancias de planificación, a circunstancias históricas. La hoja 073 corresponde a uno de los sectores más antiguos en que las longitudes de tramos venían seguramente condicionadas por los medios de locomoción animal, mientras que en la Ciudad Lineal la introducción de medios mecánicos de transporte aumentó por el extremo superior el número de intervalos en las longitudes de tramo, y por tanto la entropía.

**Anchura calzadas, automóviles.** El primer puesto vuelve a corresponder a Arturo Soria, y la menor entropía es para Palomeras. Esto es absolutamente lógico debido a que la mayoría de las calles de Palomeras están sin urbanizar y la Ciudad Lineal fue pensada desde el principio para medios mecánicos de transporte. Una vez más se confirma en forma de números, en forma de bits, un hecho de sobra conocido desde el punto de vista del sentido común, de que las inadecuaciones de tipo funcional suelen actuar en forma negativa desde el punto de vista estético, o por lo menos, hacen descender los niveles entrópicos en forma notable. En efecto, un porcentaje de diferencia del 50,4% entre ambos es excesivo aunque veremos más adelante que los hay mayores. La desviación típica de 0,4794 sobre una media de 2,0068 bits no es demasiado excesiva.

**Anchura aceras, peatones.** Es ésta una de las variables de más extraño comportamiento. Correspondiendo la desviación típica 0,4959 a un 22,6% sobre la media, 2,1956 bits, lo que representa el mayor agrupamiento en torno a la media de las variables estudiadas, resulta que la diferencia entre el primero y el último es de, nada más y nada menos, que del 43,5% sobre aquél. Observando la anormalidad que ha podido ocurrir se ve que el sector de máxima entropía, Ciudad Lineal, se destaca netamente del siguiente. Hasta tal punto que, si bien habíamos visto que la diferencia entre el primer sector entrópico y el último era del 43,5% sobre aquél, la diferencia entre el segundo y el último es solo del 24,2%.

¿A qué se debe el fenómeno?. La respuesta es difícil. Probablemente la existencia de unas vías de circulación rápida muy fuertes, frente a otras prácticamente de distribución, ha traído consigo la variedad de tamaños necesaria para esta primacía. Sin embargo, cabría preguntarse sobre el por qué esto sucede así con la anchura de aceras y no con la de las calzadas. La respuesta está en la mayor estandarización de estas últimas. En efecto, una vez establecidas las alineaciones de edificación que nos dan la anchura total, se procederá a la distribución de un número exacto de carriles, con o sin arcén, con o sin espacio de aparcamiento, y el resto se destinará a aceras. Con lo cual, la variedad de tamaños en las mismas corresponderá a una entropía más elevada. Todo ello podría conducirnos a la afirmación de tipo general siguiente: una mayor estandarización corresponde a un menor contenido de entropía mientras que la jerarquización lo aumenta.

**Anchura total.** Obviamente, al ser la anchura total el resultado de las dos variables anteriormente analizadas, anchura de calzadas y anchura de aceras, la variedad ha de verse incrementada, por lo cual las diferencias entre primera y última han de aumentar así como la desviación típica. Realmente esto es lo que sucede: un 61,3% de la diferencia entre la primera y la última y una desviación típica de 0,6317 sobre una media de 1,7388 lo que representa un 36,2%.

**Direcciones de calles.** Esta es una de las variables más importantes de las estudiadas, y la que mejor caracteriza una determinada estructura urbana, por lo cual los resultados de la misma han de ser analizados con la suficiente profundidad. Las diferencias entre los sectores de máxima y mínima entropía se hacen ya muy elevadas: 70,2%. La desviación típica no es excesiva, 0,8393 sobre una media de 2,5881.

Aquí ocurre el caso contrario al de anchura de aceras, hay un sector que se descuelga por los mínimos de entropía, el que corresponde a la hoja 067, barrio de Salamanca, mientras que el resto permanece relativamente agrupado. En efecto, si se excluye la citada hoja, la desviación típica es solamente de 0,3195 correspondiente a una media de 2,9102 bits, lo que es realmente mínimo.

Lo importante es que, frente a una entropía media normal según direcciones de calles que aproximadamente podemos cifrar en 2,9102 bits, el barrio de Salamanca la tiene de 0,9773 bits. Esta bajísima entropía se debe al hecho de su estructura en cuadrícula que se revela así como de una monotonía extraordinaria, inhabilitándola casi de entrada como zona vivencial satisfactoria. La entropía más alta, por contra, corresponde a la zona de Puerta de Moros, seguida a corta distancia por las de Mayor y Lavapiés. En definitiva, las tres que constituyen las zonas denominadas históricas, no planificadas. Y todas, hay que hacerlo notar, con graves problemas de circulación rodada.

**Tipos de calles.** Dejando aparte el caso de la zona de Palomeras, la de máxima entropía para esta variable, otra vez una zona histórica está en los puestos de cabeza, la correspondiente a la calle Mayor. Aunque seguida a corta distancia por la Ciudad Lineal. El dejar aparte la zona de Palomeras se debe exclusivamente al hecho de que como casi todas sus calles están sin urbanizar se convierten "ipso facto", y por definición, en zonas peatonales, aumentando la entropía, en cierta manera, de forma falsa. Otra vez por el extremo inferior se descuelga el barrio de Salamanca con unos increíbles 0,4456 bits frente a una media de 1,1809 y una desviación típica de 0,3925.

**Número de plantas en edificios colindantes.** Hay que mirar con prevención los resultados obtenidos con esta variable. Particularmente al hacer referencia a zonas históricas y actuales, debido al rápido cambio que manifiestan. Es difícil que una vivienda pueda durar, sin quedarse completamente obsoleta, más allá de un siglo, y la reposición, debida a la progresiva carestía del suelo, siempre se hace aumentando las alturas.

Entonces la mayor entropía se dará, no en aquellas zonas históricas que hayan cumplido ciclos enteros de reposición y que por tanto presentan unas características bastante uniformes debido a que toda la zona ha alcanzado, prácticamente, los límites máximos señalados por la ley, sino en aquellas otras que se encuentren en pleno período de reposición, con edificios "antiguos" y "nuevos", adaptados a las modernas previsiones de alturas.

De todas formas, sorprende el que la máxima entropía corresponda a una zona, la del barrio de Salamanca, con entropías mínimas en casi todos los casos. Y es que, realmente, a pesar de presentar en general un aspecto bastante uniforme, el barrio posee delicadas diferencias de alturas, sobre todo en los extremos de manzanas, y en los de una finca con otra, que hacen

olvidar, hasta cierto punto, el rígido trazado de sus calles y la monotonía de sus direcciones.

Se puede intuir, a partir de estas consideraciones, una ley que se va simplemente a enunciar, dejando su demostración para otra ocasión: la entropía entre variables tiende a compensarse, de tal forma que si una de ellas es entrópicamente muy alta se bajan automáticamente otra u otras que la compensen y viceversa.

Aparecen aquí dos problemas que sería necesario analizar para su clarificación. Por una parte la ley parece que indica la existencia de una entropía media, ideal o natural, tal y como se habló de ella en los primeros capítulos. Pero por otro, aparece la ley general que procede de la termodinámica, señalando una tendencia hacia el máximo entrópico. No son dos hechos irreconciliables. Proceden, el segundo, de una ley general y objetiva, ajena al hombre mismo; y el primero, de la interacción fuente-hombre, que marca otra tendencia en la evolución subjetiva.

**Tipos de intersección.** Representan éstos el caso de diferencias más acusadas entre sectores. Así ocurre, la diferencia entre los bits del primero y el último, es el 89,9% de aquél. Y la desviación típica, de 0,5103 sobre una media de 1,1604 nos da una diferencia en tanto por ciento, sobre esta del 44,0%. Otra vez se coloca en primer lugar la hoja número 073, calle Mayor, seguida de Lavapiés y Puerta de Moros, los tres sectores históricos. La mínima entropía, que es realmente mínima dado que solamente son 0,1596 bits, la presenta el barrio de Salamanca.

**Ramales en la intersección.** Esta variable ofrece unos resultados enormemente parecidos a los de la anterior, con la salvedad de que el sector de Arturo Soria aumenta su entropía más que los otros sectores. Se analizará más a fondo formando bloque entre las componentes de la trama.

## Entropías de trama, granulado y textura

Reuniendo en un solo grupo las variables de dirección y tipo de calle, se ha llegado a los resultados siguientes que dan el número de bits por hoja para la componente trama:

Ciudad Lineal	n° 049	3,7779 bits
Barrio de Salamanca	n° 067	1,4229 bits
Calle Mayor	n° 073	4,4004 bits
Puerta de Moros	n° 085	4,5932 bits
Lavapiés	n° 086	3,9835 bits
Palomeras	n° 119	4,4360 bits

Las mayores entropías corresponden a dos zonas históricas, puerta de Moros y calle Mayor. A continuación, y muy juntos, los dos sectores que ya en la explicación de zonas se había intuido como de trama parecida: Lavapiés y Palomeras. Cierran, con entropías mínimas, las zonas de Ciudad Lineal y Barrio de Salamanca, de las que se puede decir que, en general, los sectores planificados tienen una entropía menor que los espontáneos, desde el punto de vista de la trama.

Agrupando también las variables: longitud de tramos, anchura total, y variación en la altura de los edificios, se ha llegado a los resultados siguientes que dan el número de bits por hoja para el granulado.

Ciudad Lineal	nº 049	7,2465 bits
Barrio de Salamanca	nº 067	6,2141 bits
Calle Mayor	nº 073	6,8095 bits
Puerta de Moros	nº 085	7,2544 bits
Lavapiés	nº 086	6,5473 bits
Palomeras	nº 119	4,5259 bits

Los sectores de Ciudad Lineal y Puerta de Moros, planificado y espontáneo, tienen una entropía casi exacta, que por otra parte es máxima. Destaca, por los mínimos, Palomeras, con 4,5259 bits, lo que viene a reafirmar el hecho de que la jerarquización aumenta la entropía. En este caso con un ejemplo negativo, al ser, para las variables que integran el granulado, muy poco jerarquizada la zona. El lenguaje coherente de formas que caracteriza las arquitecturas inconscientes se ha convertido en un lenguaje uniforme al faltarle el tiempo para su desarrollo. Y así se ha convertido en una zona escasamente jerarquizada y de baja entropía.

El último grupo que corresponde a la textura está integrado por las siguientes variables: anchura de calzadas, anchura de aceras, tipos de intersección y número de ramales de cruce. Y una entropía, en bits, para los distintos sectores:

Ciudad Lineal	nº 049	8,2340 bits
Barrio de Salamanca	nº 067	3,9187 bits
Calle Mayor	nº 073	7,9161 bits
Puerta de Moros	nº 085	7,1788 bits
Lavapiés	nº 086	6,8657 bits
Palomeras	nº 119	6,1326 bits

Para esta componente se destaca ya, con nitidez, la ciudad Lineal en las entropías máximas con 8,2340 y el barrio de Salamanca con 3,9187 en las mínimas, apareciendo bastante agrupadas las tres zonas históricas, hojas números 073, 085 y 086, con una desviación típica de 0,5393 sobre la media de 7,3202. Ello confirma algunas de las conclusiones a las que se llegará posteriormente referentes a la uniformidad de las entropías en las zonas históricas con apreciable independencia del tipo de modelo formal en que se estructuran. Es ya hora, por tanto, de establecer las debidas comparaciones totales entre sectores.

### **Comparaciones entre sectores para la entropía total**

Manejando los datos del resumen por hojas, destaca la uniformidad en la entropía producida en los sectores de Ciudad Lineal, calle Mayor, puerta de Moros y Lavapiés, que con una media de 18,7018 presentan una desviación típica de 0,8754 notablemente baja. Por otra parte,

también es digno de consignar el hecho de las bajas asignaciones entrópicas del barrio de Salamanca y Palomeras con 11,5557 y 15,0945 bits, respectivamente.

**Sectores planificados y no planificados.** ¿Aumenta o disminuye la entropía el hecho de que un sector determinado haya sido planificado o no, previamente a su realización?. De los resultados obtenidos se deduce que no puede darse con seguridad contestación a la pregunta anterior. El hecho de que el máximo de entropía, 19,2584 bits para la Ciudad Lineal de Arturo Soria, y el mínimo, 11,5557 bits para el barrio de Salamanca, correspondan precisamente a sectores planificados no ayuda demasiado a obtener conclusiones válidas. Del análisis de las medias

	Media	Desviación típica
Sectores planificados	15,4071	5,4466
Sectores no planificados	17,6609	1,8857

podría deducirse una mayor entropía correspondiente a los sectores no planificados frente a los planificados. Pero la desviación típica de éstos, 5,5157, es tan alta que invalida cualquier conclusión al respecto. Lo único que realmente se puede decir es que las zonas planificadas presentan diferencias de entropía acusadas frente a las zonas no planificadas o espontáneas.

Esto reafirma todavía más la necesidad de tener adecuados medios de control y evaluación de la planificación para que la misma no de lugar a errores, desde el punto de vista entrópico difícilmente subsanables, y a la necesidad de hacer correcciones para aumentar la misma o disminuirla a posteriori y en forma artificial.

Otro problema, al que ya se ha hecho alusión en el capítulo sexto es el de la evolución de la información en zonas de análoga estructura de partida pero en diferentes épocas de su vida. En concreto, los sectores de Lavapiés y Palomeras, ambos con parecidos condicionantes y aspectos formales de partida pero en distinta época de su evolución: aquél con una historia más o menos dilatada a costas y éste en proceso de creación. Las entropías totales no engañan: Lavapiés con 17,3965 bits y Palomeras con 15,0945 demuestran aún en aspectos parciales y teniendo en cuenta la ley de compensación de entropía entre variables, que, en general, la misma aumenta con el transcurso del tiempo. Este aumento, evidentemente, se debe al hecho de la introducción de variaciones en el esquema inicial que pertenece, de salida, a niveles inferiores.

**Tipos de estructuras.** Las estructuras lineal y radioconcéntrica, con entropías muy parecidas, 19,2584 y 19,0264 bits respectivamente, se nos revelan con parecidas posibilidades desde el punto de vista que analizamos, mientras que la de cuadrícula para su viabilidad requeriría asignaciones extras de información en otras variables que compensaran sus escasos bits, asignaciones siempre de costosa realización debido a la rigidez de su planteamiento. Sus 11,5557 bits son francamente insuficientes.



**Sectores históricos.** Resulta sorprendente la relativa uniformidad, ya apuntada, de resultados obtenida en las tres zonas que se han llamado históricas, ya que para una media de 18,5183 la desviación típica es de solamente 0,9711. Las distintas asignaciones para cada sector son las que se expresan a continuación:

Calle Mayor	n° 073	19,1260 bits
Puerta de Moros	n° 085	19,0264 bits
Lavapiés	n° 086	17,3965 bits

En principio, y aún siendo necesarios un mayor número de experimentos, en particular para otras poblaciones, se podría afirmar que a pesar de tener unas distintas características de partida, con el tiempo, la entropía tiende a igualarse entre unas zonas y otras. Sucede también, como se observa en el cuadro de arriba, que cuanto mayor sea la antigüedad de la zona, más alta es la entropía, aunque las diferencias, con el transcurso de los años se van haciendo más y más pequeñas.

## Sobre el sistema utilizado

Al comenzar el trabajo se hablaba de los dos métodos ideados para poder llevar el mismo a término: el método de los itinerarios y el de la medida global. Ahora es necesario confrontar aquellas propuestas con los resultados obtenidos.

- 1 La primera conclusión es la de su viabilidad. Es posible el cálculo con efectos comparativos de la cantidad de información producida en diversos sectores de una ciudad. Se recalca la frase "con efectos comparativos" ya que el método no resuelve el problema de la información redundante que resulta del hecho de no ser las variables estocásticamente independientes. Efectivamente, si las variables **A** y **B** están correlacionadas se verificará la inecuación siguiente:

$$H(AB) = H_A + \frac{H_B}{A} = H_B + \frac{H_A}{B} < H_A + H_B$$

Uno de los supuestos con que se ha trabajado es, para que sean factibles las comparaciones, que las correlaciones entre variables son de tipo estructural y se mantienen constantes en todos los sectores. Esta hipótesis de trabajo sería necesario verificarla. Casi todas las conclusiones, pues, que se han obtenido en apartados anteriores han de hacerse con esta salvedad. En cualquier caso solo influye cuando se agrupan variables pero nunca cuando éstas se analizan separadamente.

- 2 El cálculo no se refiere a la entropía total del sector sino, únicamente, a la que producen las variables consideradas. Esta, que puede ser considerada como una deficiencia del método, constituye su mayor originalidad. Se ha demostrado anteriormente que una de las propiedades de la función logarítmica hace que al añadir nuevas variables la entropía

producida por las mismas simplemente se suma a la ya calculada. Es indudable, que aparte de las empleadas en el trabajo, a muchas otras se les puede aplicar el método sin mayores complicaciones. Y así, tipos de pavimento, arbolado, farolas, color, podrán sumar bits de entropía a los ya calculados.

- 3 En el método de los itinerarios las asignaciones de probabilidades se producen en función de un nivel o escala de acercamiento, y de la historia perceptiva del sujeto o sujetos de experimentación. El cálculo de la entropía desde el punto de vista del receptor se muestra hoy todavía como un proceso prematuro, o en todo caso, incontrolado. Sin embargo, el método de la medida global proporciona, como se ha visto, una técnica que manifiesta las posibilidades entrópicas de la fuente, comportándose como un verdadero instrumento de medida, con todas sus limitaciones y ventajas, no pudiendo ser considerado un fin en sí mismo, sino tan solo un medio que abre nuevas posibilidades de análisis urbano.

## NOTAS:

1. BAR-HILLEL, Y.: *Language and Information*. Addison-Wesley, Massachusetts, USA, 1964. pág.297.
2. SHANNON, C.E. & WENNER, W.: *The Mathematical Theory of Information*. Urbana Illinois, 1949, pág.13
3. PIERCE, J.R.: *Símbolos, Señales y Ruidos*. Revista de Occidente, Madrid, 1962. pág.129.
4. BRILLOUIN, L.: *La science et la Théorie de l'Information*. Masson, París, 1959. pág. 147.
5. PIERCE, J.R.: *Símbolos, Señales y Ruidos*. Revista de Occidente, Madrid, 1962. pág.259.
6. BAR-HILLEL, Y.: *Language and Information*. Addison-Wesley, Massachusetts, USA, 1964. pág.221.
7. SAUSSURE, F.: *Cours de Linguistique Générale*. Payot, París, 1916.
8. PEIRCE, Ch.S.: *Collected Papers*. Harvard Un. Press, Cambridge, 1931-1935.
9. ASHBY, W.R.: *Proyecto para un cerebro*. Tecnos, Madrid, 1965. pág. 12. (6) Ídem, pág. 56.
10. ASHBY, W.R.: *Proyecto para un cerebro*. Tecnos, Madrid, 1965. pág. 56.
11. SINNOT, E.W., DUN, L.C. y DOBZHANSKY, Th.: *Principios de Genética*. Omega, Barcelona, 1961.
12. ECO, U.: *La Estructura Ausente*. Lumen, Barcelona,1968. pág. 32.
13. IEAL: *Apuntes VI Curso de Introducción al Urbanismo*. Madrid, 1974.
14. WIENER, N.: *Cibernética*. Guadiana, Madrid, 1960. pág. 36.
15. CULLMANN, G.: *Elementos de cálculo Informacional*. Urmo, Bilbao, 1967. pág. 45.
16. PADIAL, T.: *Teoría de la Información*. Gráficas Alonso, Madrid, 1973. pág. 57.
17. USCATESCU, J.: *Teoría de la Información*. Instituto de Estudios Políticos. Madrid, 1973. Pág. 72.
18. HUIZINGA, J.: *Homo Ludens*. Alianza, Madrid, 1972. pág. 187.
19. ECO, H.: *La estructura ausente*. Lumen, Barcelona, 1968. pág. 159.
20. ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*. Paraninfo, Madrid, 1969. pág. 26.
21. HERNANDO RÁBANOS, J.M.: *Introducción a la Teoría de la Información y Codificación*. E.T.S.I.M., Madrid, 1974. pág.19
22. ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*. Paraninfo, Madrid, 1969. pág. 38.
23. ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*. Paraninfo, Madrid, 1969. pág.39.
24. VARIOS: *Resumen histórico del Urbanismo en España*. I.E.A.L., Madrid, 1968. Pág.79.

25. TORRES BALBÁS, L.: "La estructura de las ciudades hispano-musulmanas". *Al-Andalus* nº 18, 1953, pág.149-177.
26. BEAUJEU-GARNIER, J. y CHABOT, G.: *Tratado de Geografía Urbana*. Vicens-Vives, Barcelona, 1970, pág.244.
27. SPREIREGEN, P.D.: *Compendio de Arquitectura Urbana*. Gustavo Gili, Barcelona, 1971, pág. 81.
28. LYCH, K.: *La Imagen de la Ciudad*. Infinito, Buenos Aires, 1969.
29. WIENER, M.: *Cibernética*. Guadiana, Madrid, 1950, pág. 103.
30. WIENER, M.: *Cibernética*. Guadiana, Madrid, 1950, pág. 36.
31. BRILLOUIN, L.: *La Science et la Théorie de l'Information*. Masson, París, 1959, pág.148.
32. AGUILAR PERIS, J.: *Termodinámica y Mecánica Estadística*. Valencia, 1970, pág. 141.
33. BRILLOUIN, L.: *La Science et la Théorie de l'Information*, Masson, París, 1959, pág. 151.
34. WIENER, N.: *Cibernética*. Guadiana, Madrid, 1960, pág.36.
35. VARIOS: *Física*. Salvat, Pamplona, 1971, pág. 179.
36. VARIOS: *Física*. Salvat, Pamplona, 1971, pág. 180.
37. SEARS, F.W.: *Termodinámica*. Reverté, Barcelona, 1959, pág.127.
38. WIENER,N.: *Cibernética*.Guadiana, Madrid, 1960, pág.105.
39. PIERCE, J.R.: *Símbolos, Señales y Ruidos*. Revista de Occidente, Madrid, 1962, pág. 259.
40. PIERCE, J.R.: *Símbolos, Señales y Ruidos*. Revista de Occidente, Madrid, 1962, pág. 262.
41. ASHBY, W.R.: *Proyecto para un cerebro*. Tecnos, Madrid, 1965.
42. PIERCE, J.R.: *Símbolos, Señales y Ruidos*. Revista de Occidente, Madrid, 1962, pág. 279.
43. MILLER, G.A.: *Introducción a la psicología*. Alianza, Madrid, 1970.
44. CASTANS: *Curso monográfico de doctorado*. E.T.S.A.M., Madrid, 1975.
45. McHARG, I.L.: *Design with Nature*. The American Museum of Natural History, USA, 1971.
46. MARGALEF, R.: *La Teoría de la Información en Ecología*. Mem. Real Academia Ciencias y Artes, vol.32, nº 13.
47. VARIOS: *Física*. Salvat, Pamplona, 1971, pág. 179.
48. ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*. Paraninfo, Madrid, 1969, pág.33.
49. EC0, U.: *La estructura ausente*. Lumen, Barcelona, 1968, pág. 60.

68 *Cuadernos de Investigación Urbanística nº10*

50. ECO, U.: *La estructura ausente*. Lumen, Barcelona, 1968, pág.61
51. LEDRUT, R.: *Sociología Urbana*. IEAL, Madrid, 1971, pág.195.
52. BRU, L.: *Mecánica Física*. Romo, Madrid, 1971, pág.278.
53. LEWIS, D.: *La ciudad: problemas de diseño y estructura*. Gustavo Gili, Barcelona, 1970, pág.205.
54. LEWIS, D.: *La ciudad: problemas de diseño y estructura*. Gustavo Gili, Barcelona, 1970, pág.203.
55. ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*. Paraninfo, Madrid, 1969, pág. 40.
56. CRAMER, H.: *Elementos de la Teoría de Probabilidades y algunas de sus aplicaciones*. Aguilar, Madrid, 1968, pág. 24.
57. IEAL: *Apuntes VI Curso de Introducción al Urbanismo*. Madrid, 1974.
58. IEAL: *Apuntes VI Curso de Introducción al Urbanismo*. Madrid, 1974.
59. HERNANDO RÁBANOS, J.M.: *Introducción a la teoría de la Información y Codificación*. E.T.S.I.T., Madrid, 1974, pág. 19.
60. IEAL: *Apuntes VI Curso de Introducción al Urbanismo*. Madrid, 1974.
61. HERNANDO RÁBANOS, J.M.: *Introducción a la teoría de la Información y Codificación*. E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación, Madrid, 1974, pág. 20.
62. HERNANDO RÁBANOS, J.M.: *Introducción a la teoría de la Información y Codificación*. E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación, Madrid, 1974, pág. 24.
63. HERNANDO RÁBANOS, J.M.: *Introducción a la Teoría de la Información y Codificación*. E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación, Madrid, 1974, pág. 25.
64. ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*. Paraninfo, Madrid, 1969, pág. 34.
65. ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*. Paraninfo, Madrid, 1969, pág. 40.
66. VAZQUEZ, V.: *Tablas de logaritmos*. Hernando, Madrid, 1969, pág. 12.
67. ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*. Paraninfo, Madrid, 1969, pág. 25.
68. CULLMANN, G.: *Elementos de Cálculo Informacional*. Urmo, Bilbao, 1967, pág. 53.
69. ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*. Paraninfo, Madrid, 1969, pág. 26.
70. ECO, U.: *La estructura Ausente*. Lumen, Barcelona, 1968, pág. 57.
71. CULLMANN, G.: *Elementos de Cálculo Informacional*. Urmo, Bilbao, 1967, pág. 45.
72. HUSSERL, E.: *Investigaciones lógicas*. Revista de Occidente, Madrid, 1967. Tomo II, pág. 23.
73. WEBER, M.: *Indagaciones sobre la estructura urbana*, Barcelona, 1970. pp. 1-25.

74. SPREIREGEN, P.D.: *Compendio de arquitectura urbana*, Gustavo Gili, Barcelona, 1971, pág. 90.
75. SPREIREGEN, P.D.: *Compendio de arquitectura urbana*, Gustavo Gili, Barcelona, 1971, pág. 91.
76. MILLER, G.A.: *Introducción a la psicología*, Alianza Editorial, Madrid, 1970. pág. 52.
77. CUATRECASAS, J.: *Lenguaje, semántica y campo simbólicos*, Paidós, Buenos Aires, 1972, pág.40.
78. ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*, Paraninfo, Madrid, 1969. pág. 39.
79. CULLMANN, G.: *Elementos de cálculo Informacional*, Urmo, Bilbao, 1967. pág. 77.
80. HERNANDO RÁBANOS, J.M.: *Introducción a la Teoría de la Información y Codificación*, E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación, Madrid, 1974. pág. 40.
81. BRILLOUIN, L.: *La Science et la Théorie de l'Information*, Masson, París, 1959. pág. 12.
82. ABRAMSON: *Teoría de la Información*, Madrid, 1969, pág. 34.
83. LARRODERA, E.: *Urbanística II*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Madrid, 1971, pág. 82.
84. LEWIS, D.: *La ciudad, problemas de Diseño y Estructura*, Gustavo Gili, Barcelona, 1970, pág. 43.
85. SAINZ DE ROBLES, F.C.: *Breve historia de Madrid*, Espasa Calpe, Madrid, 1973.
86. VARIOS: *Resumen Histórico del Urbanismo en España*, IEAL, Madrid, 1968, pág. 273.
87. VARIOS: *Resumen histórico del Urbanismo en España*, IEAL, Madrid, 1968, pág. 265.
88. MOLINA CAMPUZANO: *Planos de Madrid de los siglos XVII y XVIII*, IEAL, Madrid.
89. DREW, P.: *Tercera Generación*, Gustavo Gili, Barcelona, 1973, pág. 25.
90. DREW, P.: *Tercera Generación*, Gustavo Gili, Barcelona, 1973, pág. 24.
91. SPREIREGEN, P.D.: *Compendio de Arquitectura Urbana*. Gustavo Gili, Barcelona, 1971, pág. 89.
92. LYNCH, K.: *La imagen de la Ciudad*. Infinito, Buenos Aires, 1969.
93. GIBBERD, F.: *Diseño de núcleos urbanos*. Contémpora, Buenos Aires, 1961, pág. II.
94. SPREIREGEN, P.D.: *Compendio de Arquitectura Urbana*. Gustavo Gili, Barcelona, 1971, pág. 90.
95. SPREIREGEN, P.D.: *Compendio de Arquitectura Urbana*. Gustavo Gili, Barcelona, 1971, pág. 90.
96. LARRODERA, E.: *Urbanística III*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Madrid, 1971-72, pág. 11.5.
97. BWOLMAN, B.B.: *Teorías y Sistemas Contemporáneos en psicología*. Martínez Roca, Barcelona, 1975, pág. 515.
98. JACOBS, J.: *Muerte y vida de las grandes ciudades*. Península, Madrid, 1967, pág. 155.
99. SPREIREGEN, P.D.: *Compendio de Arquitectura Urbana*. Gustavo Gili, Barcelona, 1971, pág. 90.

**70** *Cuadernos de Investigación Urbanística nº10*

- 100.** D'ORS, V.: *Arquitectura y Humanismo*. Lábor, Barcelona, 1967, pág. 14.
- 101.** BOURSIN, J.L.: *Las estructuras del azar*. Martinez Roca, Barcelona, 1968, pág. 32.
- 102.** CRAMER, H.: *Elementos de teoría de probabilidades y aplicaciones*. Aguilar, Madrid, 1968, pág. 20.
- 103.** GONZÁLEZ GÁMEZ, R.: *Análisis Matemático*. VI Curso de Introducción al Urbanismo, IEAL, Madrid, 1974, pág. 13.2.
- 104.** GONZÁLEZ GÁMEZ, R.: *Análisis matemático*. VI Curso de Introducción al Urbanismo, IEAL, Madrid, 1974, pág. 16.2.
- 105.** GONZÁLEZ GÁMEZ, R.: *Análisis Matemático*. VI Curso de Introducción al Urbanismo, IEAL, Madrid, 1974, pág. 16.2.
- 106.** BRILLOUIN, L.: *La Science et la Theorie de l'Information*. Masson, París, 1959, pág. 8
- 107.** BRILLOUIN, L.: *La Science et la Theorie de l'Information*. Masson, París, 1959, pág. 12.
- 108.** CASTANS: *Apuntes*. Curso Monográfico de Doctorado, ETSA, Madrid, 1974.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dado que se trata de un trabajo antiguo cuyo bibliografía corresponde al momento en el que fue realizado, se ha optado por incluir (siguiendo un orden alfabético de autores) exclusivamente las referencias citadas en el texto. Entre paréntesis aparecen los números de cita correspondientes:

ABRAMSON, N.: *Teoría de la Información y Codificación*. Paraninfo, Madrid, 1969. (20, 22, 23, 48, 55, 64, 65, 67, 69, 78, 82)

AGUILAR PERIS, J.: *Termodinámica y Mecánica Estadística*. Valencia, 1970. (32)

ASHBY, W.R.: *Proyecto para un cerebro*. Tecnos, Madrid, 1965. (9, 10, 41)

BAR-HILLEL, Y.: *Language and Information*. Addison-Wesley, Massachusetts, USA. 1964. (1, 6)

BEAUJEU-GARNIER, J. y CHABOT, G.: *Tratado de Geografía Urbana*. Vicens-Vives, Barna, 1970. (26)

BOURSIN, J.L.: *Las estructuras del azar*. Martínez Roca, Barcelona, 1968. (101)

BRILLOUIN, J.L.: *La Science et la Théorie de l'Information*. Masson, París, 1959. (4,31,33,81,106,107)

BRU, L.: *Mecánica Física*. Romo, Madrid, 1971. (52)

BWOLMAN, B.B.: *Teorías y Sistemas Contemporáneos en psicología*. Martínez Roca, Barna, 1975. (97)

CASTANS: *Curso monográfico de doctorado*. E.T.S.A.M., Madrid, 1975. (44, 108)

CRAMER, H.: *Elementos de la Teoría de Probabilidades y algunas de sus aplicaciones*. Aguilar, Madrid, 1968. (56, 102)

CUATRECASAS, J.: *Lenguaje, semántica y campo simbólicos*, Paidós, Buenos Aires, 1972. (77)

CULLMANN, G.: *Elementos de cálculo Informacional*, Urmo, Bilbao, 1967. (15, 68, 71, 79)

D'ORS, V.: *Arquitectura y Humanismo*. Lábor, Barcelona, 1967. (100)

DREW, P.: *Tercera Generación*, Gustavo Gili, Barcelona, 1973. (89, 90)

ECO, U.: *La estructura ausente*. Lumen, Barcelona, 1968. (12, 19, 49, 50, 70)

GIBBERD, F.: *Diseño de núcleos urbanos*. Contémpera, Buenos Aires, 1961. (93)

GONZÁLEZ GÁMEZ, R.: *Análisis matemático*. VI Curso de Introducción al Urbanismo, IEAL, Madrid,



1974. (103, 104, 105)

HERNANDO RÁBANOS, J.M.: *Introducción a la teoría de la Información y Codificación*. E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación, Madrid, 1974. (21, 59, 61, 62, 63, 80)

HUIZINGA, J.: *Homo Ludens*. Alianza, Madrid, 1972. (18)

HUSSERL, E.: *Investigaciones lógicas*. Revista de Occidente, Madrid, 1967. (72)

IEAL: *Apuntes VI Curso de Introducción al Urbanismo*. Madrid, 1974. (13, 57, 58, 60)

JACOBS, J.: *Muerte y vida de las grandes ciudades*. Península, Madrid, 1967. (98)

LARRODERA, E.: *Urbanística III*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Madrid, 1971-72. (83,96)

LEDRUT, R.: *Sociología Urbana*. IEAL, Madrid, 1971. (51)

LEWIS, D.: *La ciudad, problemas de Diseño y Estructura*, Gustavo Gili, Barcelona, 1970 (53, 54, 84)

LYNCH, K.: *La imagen de la Ciudad*. Infinito, Buenos Aires, 1969. (28, 92)

MARGALEF, R.: *La Teoría de la Información en Ecología*. Mem. Real Academia Ciencias y Artes, vol.32, nº 13. (46)

McHARG, I.L.: *Design with Nature*. The American Museum of Natural History, USA, 1971. (45)

MILLER, G.A.: *Introducción a la psicología*, Alianza Editorial, Madrid, 1970. (43, 76)

MOLINA CAMPUZANO: *Planos de Madrid de los siglos XVII y XVIII*, IEAL, Madrid. (88)

PADIAL, T.: *Teoría de la Información*. Gráficas Alonso, Madrid, 1973. (16)

PEIRCE, Ch.S.: *Collected Papers*. Harvard Un. Press, Cambridge, 1931-1935. (8)

PIERCE, J.R.: *Símbolos, Señales y Ruidos*. Revista de Occidente, Madrid, 1962. (3, 5, 39, 40, 42)

SAINZ DE ROBLES, F.C.: *Breve historia de Madrid*, Espasa Calpe, Madrid, 1973. (85)

SAUSSURE, F.: *Cours de Linguistique Générale*. Payot, París, 1916. (7)

SEARS, F.W.: *Termodinámica*. Reverté, Barcelona, 1959. (37)

SHANNON, C.E.& WENNER, W.: *The Mathematical Theory of Information*. Urbana Illinois, 1949. (2)

SINNOT, E.W., DUN, L.C. y DOBZHANSKY, Th.: *Principios de Genética*. Omega, Barna, 1961. (11)

SPREIREGEN, P.D.: *Compendio de Arquitectura Urbana*. GG, Barna, 1971. (27, 74, 75, 91, 94, 95, 99)

TORRES BALBÁS, L.: "La estructura de las ciudades hispano-musulmanas". *Al-Andalus* nº18, 1953. (25)

USCATESCU, J.: *Teoría de la Información*. Instituto de Estudios Políticos. Madrid, 1973. (17)

VARIOS: *Física*. Salvat, Pamplona, 1971. (35, 36, 47)

VARIOS: *Resumen Histórico del Urbanismo en España*, IEAL, Madrid, 1968. (24, 86, 87)

VAZQUEZ, V.: *Tablas de logaritmos*. Hernando, Madrid, 1969. (66)

WEBER, M.: *Indagaciones sobre la estructura urbana*, Barcelona, 1970. (73)

WIENER, N.: *Cibernética*. Guadiana, Madrid, 1960. (14, 29, 30, 34, 38)



LOS CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA pretenden difundir aquellos trabajos que por sus características, muchas veces de investigación básica, tienen difícil salida en las revistas profesionales. No se trata de una revista, ni existen criterios fijos sobre su periodicidad ni dimensiones, dependiendo exclusivamente de la existencia de originales, y de las subvenciones que puedan obtenerse para su publicación. Están abiertos a cualquier persona o equipo investigador que desee publicar un trabajo realizado dentro de la temática del urbanismo y la ordenación del territorio. Todos los originales deberán estar mecanografiados en un fichero de formato ASCII o ANSI. Si incluye dibujos serán en blanco y negro, a ser posible de trazo y sin grises o medias tintas, y con una dimensión máxima de 15x21 cm. La decisión sobre su publicación la tomará la Comisión de Doctorado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. El autor tendrá derecho a diez ejemplares gratuitos. Para envío de originales, compras, petición de números atrasados, etc.:

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA  
Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera (SPyOT)  
Instituto "Juan de Herrera"  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura  
Avenida Juan de Herrera 4 28040 Madrid  
Teléfono: (91) 3.36.65.08 Fax: (91) 3.36.65.34

Se pueden consultar resúmenes de todos los Cuadernos de Investigación publicados hasta la fecha en la dirección de Internet <http://www.aq.upm.es/uot/ciu/ciu.html>

#### NÚMEROS ANTERIORES:

- 1 JOSÉ FARIÑA TOJO: *Influencia del medio físico en el origen y evolución de la trama urbana de la ciudad de Toledo*, 30 páginas, Abril de 1993.
- 2 JULIO POZUETA: *Las ordenanzas de reducción de viajes*, 31 páginas, Abril de 1993.
- 3 JOSÉ MANUEL ESCOBAR ISLA y ANTONIO M<sup>a</sup> DÍAZ (colaborador): *Hortus conclusus, el jardín cerrado en la cultura europea*, 48 páginas, Mayo de 1993.
- 4 JULIO GARCÍA LANZA: *Análisis tipológico de los términos municipales de la comunidad de Madrid por medio de indicadores urbanísticos*, 44 páginas, Octubre de 1993.
- 5 AIDA YOUSSEF HOTEIT: *Cultura, espacio y organización urbana en la ciudad islámica*, 48 páginas, Noviembre de 1993.
- 6 JESÚS CABALLERO VALLÉS: *El índice favorecedor del diseño (influencia del diseño de los sectores en el igualatorio reparto de cargas y beneficios en el suelo urbanizable)*, 41 páginas, Mayo de 1994.
- 7 JULIO POZUETA, TERESA SÁNCHEZ-FAYOS y SILVIA VILLACAÑAS: *La regulación de la dotación de plazas de estacionamiento en el marco de la congestión*, 37 páginas, Enero de 1995.
- 8 AGUSTÍN HERNÁNDEZ AJA: *Tipología de calles de Madrid*, 71 páginas, Febrero de 1995.
- 9 JOSÉ MANUEL SANTA CRUZ CHAO: *Relación entre variables del medio natural, forma y disposición de los asentamientos en tres comarcas gallegas*, 55 páginas, Febrero de 1995.

**Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio**

**Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid**

Avenida Juan de Herrera 4

28040 MADRID

Teléfono: (91) 336.65.08 Fax: (91) 336.65.34

Http:// [www.aq.upm.es/uot](http://www.aq.upm.es/uot)

E-mail: [urbanismo@aq.upm.es](mailto:urbanismo@aq.upm.es)

Con la colaboración de la

**Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera (SPYOT)**

Editado por el

**Instituto Juan de Herrera**

