

Instituto de Cultura *Juan Gil-Albert*
Diputación Provincial de Alicante

AYUDAS A LA INVESTIGACION 1991

ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA REALIZACION DEL MAPA ACUSTICO DE ALICANTE Y ALREDEDORES

por

Carlos Pastor Antón

Antonio Durá Domenech

Jenaro Vera Guarinos

Augusto Beléndez Vázquez

Guillermo Bernabeu Pastor

Agapito Martín García

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Comunicaciones
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Alicante, octubre 1992

La presente MEMORIA titulada "*Estudio preliminar para la realización del mapa acústico de Alicante y alrededores*" ha sido realizada por Carlos Pastor Antón, Antonio Durá Domenech, Jenaro Vera Guarinos, Augusto Beléndez Vázquez, Guillermo Bernabeu Pastor y Agapito Martín García en cumplimiento de la Ayuda a la Investigación (Sección III. Estudios Integrados) recibida del Instituto de Cultura Juan Gil-Albert de la Exma. Diputación de Alicante en su convocatoria de 1991.

Alicante, octubre 1992

INDICE

1. INTRODUCCION

2. RUIDO AMBIENTAL URBANO

2.1 Fuentes de ruido en el ambiente urbano

2.2 Evaluación cuantitativa del ruido ambiental

2.3 La molestia ante el ruido y forma de medirla

2.4 Legislación sobre el ruido

3. EL RUIDO URBANO EN ALICANTE

3.1 Descripción de la ciudad de Alicante

3.2 Fuentes de ruido en la ciudad de Alicante

3.3 Planteamiento de las medidas a realizar en nuestro estudio

4. METODOLOGIA DEL TRABAJO

4.1 Elección de los puntos de medida

4.2 El método de cuadrícula y el de ejes viarios

4.3 Trama de ejes seleccionados y conjunto de puntos complementarios

4.4 Metodología de las medidas

5. RESULTADOS OBTENIDOS

5.1 Medidas realizadas a lo largo de los ejes viarios

5.2 Medidas complementarias en zonas entre los ejes viarios

5.3 Medidas en el centro urbano y el casco antiguo

6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

6.1 Niveles en los ejes viarios y en los barrios colindantes

6.2 Niveles sonoros en el centro urbano y casco antiguo

6.3 Niveles sonoros globales en la ciudad

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones generales del estudio

7.2 Comentarios y Recomendaciones para acciones preventivas

8. EL MAPA ACUSTICO DE ALICANTE

8.1 Planteamiento

8.2 Realización

8.3 Costo

9. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

Los ciudadanos son cada vez más sensibles a todos aquellos factores que degradan el medio ambiente en general y su entorno vital en particular. Desde hace pocos años, la industrialización y una mejora en las condiciones de vida (disponibilidad generalizada de vehículos automóviles, mayores posibilidades de disfrutar del ocio, etc) ha hecho que la contaminación del aire y el agua aumente de forma preocupante. Esta agresión contra la naturaleza se ha intentado frenar mediante un aparato de medidas legales, ineficaces si no cuentan con un respaldo social fuerte, respaldo que se muestra creciente en estos últimos tiempos, pero que aún no es todo lo mayoritario que cabría desear.

A pesar de lo anterior, ha existido un tipo de agresión mediambiental que no ha recibido el mismo trato que las otras que hemos mencionado: nos estamos refiriendo al **ruido**. Ha sido poca la atención que se ha dedicado a este "contaminante", y esto debido a varias razones:

1ª) Sus efectos patológicos no son, en general, inmediatos. Salvando los casos de ruidos extraordinariamente fuertes e impulsivos, como en las explosiones, o de ruidos elevados de forma continua, como los que tienen lugar en ambientes laborales muy específicos (telares, martillos neumáticos, sierras continuas, etc), el resto no producen efectos sensibles más que al cabo de un cierto número de años.

2ª) Razones culturales, por las que en los países del área mediterránea

se consienten actividades ruidosas que en otros lugares no lo serían. Baste recordar que en las fiestas típicas de la Comunidad Valenciana el ruido (pirotécnico, musical,...) juega un papel clave en el desarrollo de las mismas.

3ª) La aceptación de la inevitabilidad del ruido asociado con el tráfico urbano, una de las fuentes de ruido más importante que existe en nuestras ciudades. El uso y disfrute del vehículo automóvil prima, hoy por hoy, sobre otras consideraciones que deberían limitar su uso a la auténticamente imprescindible.

En los últimos tiempos, la conciencia acerca de la agresión que para el ser humano representa el ruido ha ido creciendo, y las acciones encaminadas a limitar dichas emisiones son cada vez más abundantes.

Un ejemplo cercano de estas acciones han sido las protagonizadas en estos últimos tiempos por los residentes y comerciantes del centro histórico de Alicante, aunque los intereses involucrados (como es el caso del ruido originado en bares, discotecas, pubs y actividades similares) por una parte, y la dificultad de las autoridades municipales para hacer cumplir su ordenamiento sobre esta materia, por otra, hacen difícil encontrar una solución satisfactoria para todos¹.

Parece razonable que, para articular las acciones necesarias para limitar las emisiones sonoras molestas, se establezca un diagnóstico espacial y temporal del nivel sonoro existente en una determinada zona. Dicho diagnóstico deberá realizarse con el objetivo último de realizar lo que comúnmente se llama MAPA ACUSTICO de la ciudad, en este caso Alicante. En dicho mapa se debe mostrar, con la máxima fiabilidad, la distribución de niveles sonoros que sea representativa de la situación real media.

Si se pretende también, como parece obligado, que dicho mapa sirva para el diagnóstico y establecimiento de criterios para adoptar posibles

¹ INFORMACION del 17-10-1992

soluciones, debe identificar y evaluar los focos sonoros que contribuyen mayoritariamente a crear los altos niveles medidos. En estas circunstancias, es oportuno señalar que el conocimiento de la distribución de frecuencias del ruido en cuestión puede resultar imprescindible tanto para las medidas a tomar en su solución, como para predecir el grado de molestia del ciudadano.

Curiosamente, y de acuerdo con la información de que disponemos al respecto, en la ciudad de Alicante no se han realizado nunca mediciones sistemáticas de niveles sonoros a lo largo de toda su extensión urbana. Se han realizado estimaciones a partir de los caudales del tráfico rodado, utilizando para ello una fórmula que permite obtener los niveles en ciertas condiciones². Existe, eso sí, una sensación de que la ciudad es muy ruidosa, sobre todo en su zona centro, pero no tenemos a nuestra disposición valores de magnitudes físicas que describan el grado de ruido soportado y que apoyen de una manera científica esa sensación.

El propósito de este trabajo es salvar esta carencia, y obtener una visión global del conjunto de la ciudad en cuanto a niveles sonoros medios. El alcance de este estudio es el de una prospección (survey) preliminar, ya que un estudio que pretendiera medir exhaustivamente todo el conjunto urbano de Alicante requeriría un conjunto de medios materiales y personales muy por encima de los que hemos podido disponer. Nuestro trabajo nos permitirá establecer de una forma lo más rigurosa posible cómo debería realizarse ese MAPA ACUSTICO de Alicante de que hablábamos antes.

En el **apartado 2** de este trabajo hacemos un breve repaso de las cuestiones relacionadas con el Ruido ambiental urbano: Describimos las principales fuentes sonoras, clasificamos las clases de ruido y hacemos un repaso a las principales magnitudes físicas de interés en el análisis del ruido. También consideramos la cuestión tan importante de la "molestia" ante el ruido por parte de la población y las diferentes maneras de estimarla.

² INFORMACION del 22-5-1992

Finalmente, comentamos brevemente la legislación que a distintos niveles (supranacional, autonómica y municipal) se ha ido introduciendo respecto al ruido.

En el **apartado 3** aplicamos los conceptos generales introducidos en el apartado anterior al caso específico de Alicante. Para ello, describiremos la ciudad en todos los aspectos que puedan tener relación o incidir en la generación de ruidos: su trama viaria, como fuente de ruido de tráfico, y las zonas donde existan locales del tipo de bares, discotecas, pubs, etc que produzcan una gran molestia sonora a los vecinos. A partir de esta descripción, valoraremos las distintas fuentes, y de ello justificaremos la metodología que hemos seguido en nuestro trabajo.

En el **apartado 4** trataremos la metodología que hemos empleado. Justificaremos las razones de la elección de los puntos de medida, discutiendo las ventajas e inconvenientes de los dos métodos actualmente utilizados: aquél que se basa en medir en los vértices de una cuadrícula que cubre el casco urbano, o bien haciendo las medidas a lo largo de los principales ejes viarios. Para este análisis comparativo hemos escogido como muestra una zona del centro urbano. Se presenta a continuación una lista de todos los puntos de la ciudad donde se han realizado medidas. Por último, se describe con detalle todo lo referente a las medidas en sí: material utilizado, normas seguidas en las medidas, tiempos de medida y una estimación de los errores experimentales (sobre todo los sistemáticos, que son los más importantes en este tipo de trabajos).

Los resultados que hemos obtenido de nuestras medidas se muestran en el **apartado 5**, haciendo especial hincapié en todas aquellas que se refieren al centro de la ciudad, área a la que hemos dedicado el mayor número de medidas por unidad de superficie.

Estos resultados son analizados y discutidos en el **apartado 6**, y como colofón final se muestra un mapa de conjunto de todo el casco urbano con los

niveles estimados para todas las calles, utilizando para su representación una serie de colores que puedan mostrar de la forma más resumida posible la situación sonora de una zona o barrio.

En el **apartado 7** extraemos las conclusiones que hemos obtenido de la realización de este trabajo, y de ellas nos permitimos proponer una serie de recomendaciones que puedan servir en la práctica para plantear acciones preventivas o limitativas de los focos sonoros emisores.

En el **apartado 8** comentamos las condiciones que debe reunir, a la vista del trabajo que presentamos, la realización del MAPA ACUSTICO DE ALICANTE. Comentamos los criterios para su planteamiento, la forma en que podrán ejecutarse las medidas y los costos que un proyecto de ese tipo plantea.

Por último, y en el **apartado 9**, hacemos una relación de las publicaciones que hemos consultado y que pueden ser de interés para ampliar y profundizar en algunos aspectos conceptuales introducidos en este trabajo.

2. RUIDO AMBIENTAL URBANO

2. RUIDO AMBIENTAL URBANO

2.1 Fuentes de ruido en el ambiente urbano

El ruido urbano es un ruido antropogénico, ya que está causado por las actividades humanas. Las principales fuentes de este ruido son:

- Medios de transporte, que su vez se dividen en :
 - Circulación de vehículos automóviles
 - Tráfico aéreo
 - Tráfico ferroviario

- Actividades industriales

- Construcción de edificios y obras públicas

- Actividades lúdicas

- Otras fuentes

En las grandes aglomeraciones urbanas los ruidos producidos por los distintos medios de transporte suelen ser los predominantes, especialmente los debidos a los vehículos automóviles por calles y carreteras. El resto de ruidos pueden dar problemas, pero éstos son reducibles en el espacio y el tiempo, aunque en ciertos lugares pueden ser de primera importancia.

2.1.1 El ruido del transporte

Como ya hemos indicado antes el ruido del transporte pueden ser originado por tres fuentes principalmente: vehículos automóviles, aviones y trenes.

2.1.1.1 El ruido del tráfico automóvil

El ruido del tráfico automóvil se ha convertido en la actualidad en uno de los problemas más graves que afectan a la calidad de vida de las grandes ciudades. Esto es debido a las siguientes causas generales:

- Aumento espectacular del parque de vehículos.
- Concentración de la población en grandes áreas urbanas.
- Inadecuación e insuficiencia de la red vial.
- Insuficiente insonorización de los edificios.

El ruido del tráfico automóvil tiene su origen en el movimiento de los vehículos por calles y carreteras. Los principales focos emisores de ruido de un vehículo en movimiento son:

- El grupo motor.
- Los neumáticos.
- La carrocería.
- Los frenos y las transmisiones.

Los ruidos del grupo motor dependen del tipo de motor utilizado, del número de revoluciones y de la velocidad a la que se circula. El nivel de mantenimiento del vehículo es también muy importante, especialmente en lo que se refiere al tubo de escape y silencioso, ya que se

pueden producir incrementos de hasta 10 dB(A) cuando se encuentran en mal estado.

El ruido de los neumáticos se produce al rodar éstos sobre el pavimento. Experimentalmente se ha comprobado que las factores que más influyen en el ruido de los neumáticos son: tipo y dimensiones de los mismos, velocidad del vehículo, textura y grado de conservación de la calzada, y estado del pavimento. El ruido aumenta con el diámetro de los neumáticos, con la textura y el deterioro de la calzada, con la velocidad del vehículo y según la calzada esté mojada o no.

Los ruidos de la carrocería son de tipo aerodinámico, producidos por las turbulencias creadas en el aire por el paso del vehículo. Gracias a las mejoras que actualmente se han conseguido en la mejora de los coeficientes de penetración de los vehículos C_x , este factor de ruido está siendo reducido de forma considerable.

Los ruidos de frenos y transmisiones no son en la actualidad fuentes importantes, siempre que estos elementos se encuentren en buenas condiciones.

El ruido de tráfico será la suma de los ruidos producidos por los vehículos individuales que circulan por una cierta red viaria. Por ello, los niveles de ruido de tráfico dependerán, no sólo de las variables que definan el ruido producido por un vehículo concreto, sino de los parámetros que determinan ese tráfico: intensidad de tráfico (en vehículos/hora) y su composición (% de vehículos ligeros respecto de vehículos pesados). Como ejemplo de este ruido ambiental, en la **Fig. 2.1** se muestran las variaciones del nivel sonoro L (en dB(A)) en una calle de Alicante durante un periodo de unas 19 horas y en día laborable.

Otros parámetros a tener en cuenta al analizar las fluctuaciones de los niveles sonoros producidos por el tráfico son: el tipo de pavimento, el trazado

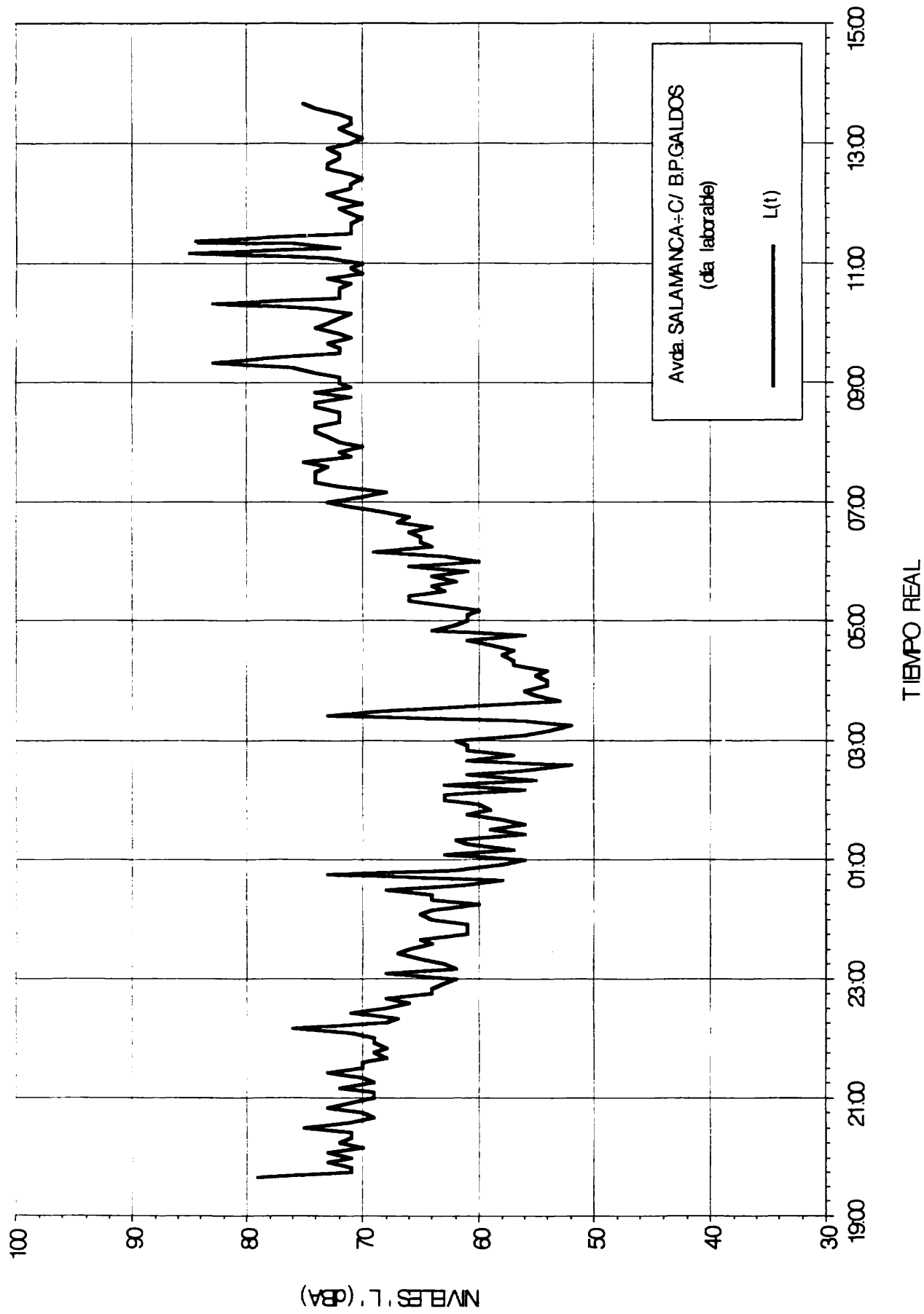


Fig. 2.1

Variación del nivel sonoro **L** en función del tiempo

del vial y la configuración urbanística y topográfica del entorno del vial.

Diferentes experiencias han mostrado el efecto que tiene sobre los niveles el uso de un tipo de pavimento u otro. El adoquinado, por señalar un caso muy claro, da lugar a incrementos de hasta 7 dB(A) sobre un pavimento clásico, que se toma como referencia.

El trazado de los viales influye en el nivel sonoro a través de dos aspectos: la pendiente y las curvas que pueda tener. La configuración urbanística y topográfica de la calzada influye en la propagación de las ondas, produciendo reflexiones que producen un campo acústico reverberante, que amplifica el ruido. Esto tiene lugar cuando la vía discurre en trinchera o existen edificaciones paralelas al eje de la calzada. La importancia del efecto está relacionada con el llamado **coeficiente de altura** de la calzada, que es el cociente entre la altura de los edificios que la flanquean y la anchura de la misma. El incremento de niveles por este concepto puede ser de hasta 5 dB(A) si el coeficiente de altura es de 3,5.

2.2.1.2 El ruido del tráfico aéreo

El ruido debido al tráfico aéreo se produce en los aeropuertos y zonas cercanas, y es una causa importante de la degradación de las condiciones de vida de todos aquellos que viven en sus alrededores. El problema es hoy día más amplio, ya que este tipo de ruido afecta a zonas cada vez más extensas, y esto es así por: Proliferación de aeropuertos; proximidad de los aeropuertos a las grandes ciudades; existencia de zonas pobladas en las aerovías de aproximación y despegue, e incremento del tráfico aéreo.

El impacto sonoro de los aeropuertos se origina por las actividades que tienen su origen allí, y que son brevemente: Presencia de aviones, tanto en vuelo como en tierra; vehículos de tráfico interno; sistemas de carga y descarga; servicios de mantenimiento; talleres de reparación y generadores

de emergencia. Existen una serie de focos inducidos alrededor de los aeropuertos, tales como el tráfico de entrada/salida de los mismos y la presencia de áreas comerciales o industriales en sus proximidades, ubicadas allí por las ventajas que les representa estar cerca de los mismos.

2.1.1.3 El ruido del tráfico ferroviario

El ruido debido al tráfico ferroviario depende, principalmente, de las características de los trenes en cuanto a tipo y número de vagones y locomotoras utilizados, así como de las características de la vía por la que circulan. Este tipo de actividad produce ruidos de frecuencia relativamente baja. En el entorno de las grandes estaciones se producen problemas de ruido asociadas con las operaciones de carga y descarga y de composición de trenes. Sin embargo, el mayor impacto sonoro se produce en las zonas habitadas por el paso de los trenes a gran velocidad. El sonido originado, de alta frecuencia, se percibe de forma similar a la del paso de un avión, y más todavía en el caso de los recién introducidos trenes de alta velocidad, como el AVE. Aunque es de admitir que cuando estos trenes circulan a velocidades similares a los otros trenes su nivel de ruido es inferior al que producen éstos.

2.1.2 El ruido de las industrias

El ruido producido por las actividades industriales tiene su origen en el funcionamiento de la maquinaria, aumentando en líneas generales con la potencia de la misma. Las características ruido industrial dependen del equipo específico instalado. Así, los ventiladores y turbosoplantes generan sonidos de baja frecuencia; las máquinas giratorias y de vaivén producen ruidos periódicos, siendo por lo general el escape de gases y las operaciones de percusión los que producen niveles de ruido más altos.

Es en el interior de las instalaciones donde se dan los niveles de ruido

más altos. La propagación de estos ruidos a las zonas circundantes a las instalaciones industriales puede dar lugar a problemas de ruido ambiental cuando éstas están pobladas.

Esto lleva consigo la conveniencia de situar las industrias en zonas reservadas para este fin exclusivo, evitando la proximidad de viviendas.

2.1.3 El ruido en la construcción de edificios y obras públicas

Las actividades constructivas, tanto privadas como públicas, son fuente de ruidos debido a la utilización de maquinaria particularmente ruidosa: grupos electrógenos, mezcladores de hormigón, grúas y montacargas, niveladores, bulldozers, martillos neumáticos y compresores, así como la realización de operaciones de soldadura, martillo,... realizadas sin considerar el ruido ambiental que producen.

2.1.4 El ruido de las actividades lúdicas

La instalación de determinadas actividades de ocio en los bajos de las viviendas (Bares, Discotecas, Pubs, etc) o la realización de actividades musicales o similares al aire libre, son también fuente de molestia por el nivel sonoro que pueden alcanzar y por su incidencia en la comodidad y descanso del resto de ciudadanos que no participan en las mismas.

Su principal característica es la intermitencia y la variación de niveles que tienen lugar, ya que hay casos donde se pueden alcanzar valores del orden de 90 dB(A) o más.

2.1.5 Otras fuentes de ruido urbano

Para terminar este apartado mencionaremos otros focos sonoros que pueden contribuir al nivel de ruidos ambiental. Entre ellos están los siguientes:

- Ruidos de vecindad, es decir los ruidos producidos por los mismos vecinos que habitan un determinado lugar: ruido del televisor por la noche, ruido de electrodomésticos en funcionamiento, ruido de las niños jugando en la calle, etc.

- Recogida de basuras por camiones compactadores.

- Ruidos en mercados y centros comerciales.

- Ruidos debido al reparto urbano de mercancías y suministros.

- Ruidos a la entrada/salida de colegios y centros docentes.

- Etc

2.2 Evaluación cuantitativa del ruido ambiental

La medida del ruido implica disponer de una serie de magnitudes físicas que permitan cuantificar la cantidad (nivel de ruido) y la calidad (contenido espectral) de la emisión sonora producida.

El ruido, como sonido que es, es un fenómeno ondulatorio, y como tal viene caracterizado por una serie de parámetros característicos: Su velocidad de propagación, su frecuencia y periodo o su longitud de onda. También es importante la variación de la presión sonora respecto a la presión atmosférica,

consecuencia de la propagación a través del aire de la onda sonora.

Es interesante definir la **presión eficaz** o presión cuadrática media P_{ef} de la siguiente manera

$$P_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt}$$

que no es más que la media temporal del cuadrado de la presión $p(t)$ en un intervalo de tiempo de duración T . Esta magnitud es útil en la evaluación de ruidos porque los sonómetros pueden medirla directamente.

Para que un sonido sea audible la variación de la presión sonora debe estar comprendida entre $2 \cdot 10^{-4}$ μbar y 200 μbar , siendo este último valor la presión sonora máxima que el oído humano puede soportar sin que se produzca dolor.

La **intensidad sonora** se define como la energía sonora que atraviesa una unidad de superficie, perpendicularmente a la dirección de propagación, en la unidad de tiempo. En el caso de una onda sonora de presión eficaz P_{ef} (dada en Pa), densidad del aire ρ (en kg/m^3) y velocidad de propagación c (en m/s), la intensidad I (en W/m^2) vendría dada por la fórmula

$$I = \frac{P_{ef}^2}{\rho c}$$

El producto de la densidad del medio por la velocidad de propagación se denomina **impedancia acústica del medio**.

La potencia sonora P_w se define como la energía sonora que atraviesa perpendicularmente una superficie S en la unidad de tiempo. Se relaciona con la intensidad I por la expresión

$$P_w = I \cdot S$$

Si se considera una fuente sonora de potencia P_w que emite ondas esféricas en todas las direcciones, la intensidad en un punto situado a una distancia r de la fuente vendría dada por

$$I = \frac{P_w}{4\pi r^2}$$

Los aparatos que miden la energía sonora de un cierto ruido se llaman sonómetros, siendo el micrófono el transductor que convierte una señal mecánica (variaciones de presión en el aire) en una señal eléctrica. Como el rango de presiones que puede percibir el oído humano es muy amplio (1 a 10^6 , es decir seis órdenes de magnitud) en vez de utilizar una escala lineal se emplea otra logarítmica, definida de la siguiente manera:

$$NPS = L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

donde:

- NPS ó L_p es el Nivel de Presión Sonora de un sonido en decibelios (dB).
- p es la presión media del sonido.
- p_0 es la presión acústica de referencia, que corresponde con la menor presión acústica audible que un oído joven puede detectar en condiciones de audición ideales, y que tiene un valor de $0,0002 \mu\text{bar}$.

El componente logarítmico de la escala implica que un **aumento geométrico** en la presión sonora se traduzca en un **incremento aritmético** en el nivel en decibelios. Por ejemplo, duplicar la presión sonora de un cierto sonido significa un incremento del nivel sonoro de 3 dB. También es importante advertir que cuando se superponen los sonidos procedentes de varias fuentes, el nivel sonoro resultante no es la suma de los niveles sonoros de cada una de las fuentes. Si tenemos dos focos sonoros de 75 dB cada uno

de ellos, el nivel sonoro resultante de ambos al mismo tiempo sería de 78 dB, es decir 3 dB más. Existen tablas que permiten hallar fácilmente la suma de niveles para fuentes sonoras simultáneas. Una consecuencia de ello es que cuando tenemos dos sonidos cuyos niveles son muy distintos entre sí (e.: 90 dB y 65 dB) el nivel resultante es el nivel del mayor de los dos. La suma de niveles tiene mayor trascendencia cuando se trata de hallar el nivel resultante de varios focos de nivel similar.

En general, si tenemos N focos de nivel particular L_i , el nivel resultante de todos ellos L se obtendría de la ecuación

$$L = 10 \log_{10} \left\{ \sum_{i=1}^{i=N} 10^{\frac{L_i}{10}} \right\}$$

Por último, si tenemos N medidas realizadas en el mismo punto, siendo L_i el nivel y t_i el tiempo de cada una de ellas, el nivel promedio $\langle L \rangle$ se podría hallar mediante la expresión

$$\langle L \rangle = 10 \log_{10} \frac{\sum_{i=1}^{i=N} t_i 10^{\frac{L_i}{10}}}{\sum_{i=1}^{i=N} t_i}$$

Con el fin de tener en cuenta el diferente comportamiento del oído humano a un ruido en función de su espectro de frecuencias, se introdujo en la medida del ruido el concepto de Curvas Estándar de Ponderación. estas curvas actúan como filtros selectivos de forma que en la respuesta discriminan el peso relativo de cada frecuencia en el conjunto del espectro de frecuencias.

Habitualmente se emplean tres curvas de ponderación: A, B y C, tal como puede verse en la **Fig. 2.2**. Se puede observar que la curva A atenúa progresivamente las frecuencias por debajo de 1000 Hz, llegando a eliminar prácticamente las muy bajas. La curva B atenúa frecuencias por debajo de 500 Hz y por encima de 3000 Hz, mientras que la curva C da una respuesta

perfectamente plana en el rango de frecuencias comprendidas entre los 50 y los 3000 Hz.

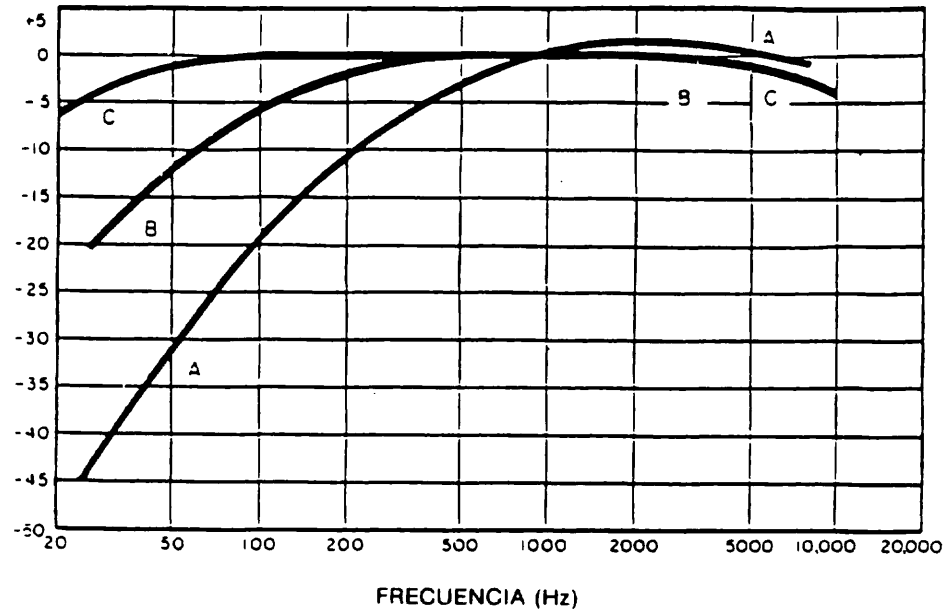


Fig. 2.2

Curvas Estándar de Ponderación

De las tres escalas, la A es la más ampliamente usada para la medida del ruido, debido a que su respuesta a las distintas frecuencias es la que mejor se correlaciona con la forma de percibir el sonido el oído humano. Las medidas de ruido obtenidas aplicando la escala A de ponderación se expresan en dB(A).

2.3 La molestia ante el ruido y forma de medirla

La percepción del ruido por parte del ser humano depende no sólo de magnitudes físicas sino que también influye la frecuencia de su aparición. En este sentido los ruidos se pueden clasificar en:

- **Ruidos continuos:** Son aquellos en los que el nivel de presión acústica y el espectro de frecuencias varía muy lentamente con el tiempo. Este ruido se

da en máquinas con cargas estables (motores eléctricos, bombas de agua,...). También suele ser de este tipo el ruido ambiental de fondo.

- **Ruidos fluctuantes:** Aquellos en los tanto el nivel de presión acústica como el espectro de frecuencias varían aleatoriamente en función del tiempo, sobre un margen más o menos grande. Dependiendo de la repetición del ruido éstos pueden ser periódicos o no. Un ejemplo de ruido fluctuante no periódico es el producido por el tráfico rodado.

- **Ruidos transitorios:** Cuando su nivel sonoro comienza y termina en un intervalo de tiempo más o menos grande. Un ejemplo de este tipo es el ruido producido por el paso de un tren o de un avión.

Ruidos de impacto: Son incrementos bruscos y de corta duración del nivel de presión acústica. Es un caso especial del ruido transitorio. Ejemplos de este tipo de ruido son el disparo de una arma de fuego, el golpe de un martillo pilón, etc.

La aceptabilidad de un ruido depende de su carácter. En los ruidos intermitentes se pueden tolerar mayores intensidades o la misma intensidad, pero para periodos más largos, que si se tratara de un ruido continuo.

En este sentido, cada vez se está difundiendo más, como escala de medida de exposición prolongada al ruido, el llamado **nivel de presión acústica equivalente** o **nivel continuo equivalente** L_{eq} . Esta magnitud representa el nivel de ruido constante que en el mismo intervalo de tiempo contiene la misma energía total que el ruido fluctuante que se ha medido.

Matemáticamente el L_{eq} está relacionado con el cuadrado de la presión sonora por la expresión

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_{t=0}^{t=T} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt$$

siendo T el tiempo total de medida; p(t) la presión instantánea y p₀ la presión de referencia, que vale 20 µPa.

Como los sonómetros nos suministran directamente los valores de los niveles instantáneos **L(t)** en vez de las presiones, es conveniente expresar el nivel continuo equivalente de la siguiente forma

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_{t=0}^{t=T} 10^{\frac{L(t)}{10}} dt$$

El nivel continuo equivalente se puede calcular para la red de ponderación A o para cualquier otra. En nuestro caso utilizaremos siempre la red A, tal como establece la Norma UNE 74-022-81.

Otro parámetro de interés y que deriva del L_{eq} es el llamado **nivel equivalente excedido** L_N , que representa el nivel equivalente excedido durante el N % del tiempo de medida. Si en una medida de ruido el $L_{50} = 67$ dB(A), esto significa que durante el 50 % del tiempo el nivel fue superior a 67 dB(A). El L_1 sería un indicador de los niveles máximos que se han alcanzado en la medida de un cierto ruido, mientras que el L_{99} nos daría el nivel de fondo de la medida. En la práctica, para cumplir estas dos misiones se utilizan normalmente el L_{10} y el L_{90} .

Otros parámetros que se utilizan como índices para estimar la molestia de los ruidos son los siguientes:

El **nivel sonoro promedio día-noche** L_{DN} es un nivel equivalente en el que a los niveles medidos durante las horas nocturnas (habitualmente desde las 22.00 horas hasta las 7.00 horas del día siguiente) se les suman 10 dB(A) para así tener en cuenta el aumento de la molestia producida por un ruido

durante la noche.

El **índice de ruido de tráfico TNI** (por **Traffic Noise Index**) se define mediante la expresión

$$\text{TNI} = 4 (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

donde el término $L_{10} - L_{90}$ ha sido denominado por algunos autores "clima de ruido" o "ambiente de ruido". La constante final se ha añadido para tener unos resultados numéricos más apropiados. En este índice se pone énfasis en el hecho de que una parte importante de la molestia se debe a la variación del nivel de ruido con el tiempo.

Cuando surgió el interés en evaluar la molestia del ruido en la sociedad, se comenzó por estudiar la relación entre las medidas físicas del ruido y la respuesta estadística de un grupo de personas para ruidos continuos fácilmente medibles. Esta relación se investigaba mediante el uso de **encuestas de opinión**, de gran importancia en este campo, dada la gran componente subjetiva de la respuesta de la colectividad a la agresión sonora.

Al principio, las normas sólo establecían unos límites de ruido que no se debían superar durante la noche, pero actualmente se evalúan parámetros que describen, adecuadamente, la molestia causada por ruidos intermitentes o fluctuantes, su duración y el momento del día en que se producen.

Todas las normativas existentes en la actualidad tienen en cuenta estos aspectos, variando de unos países a otros según su peculiar idiosincracia, pero incorporando casi siempre dos elementos básicos:

- 1) Se establece un nivel de ruido básico, convenientemente corregido según las características del mismo.

- 2) Se establece un criterio de niveles corregido, para tener en cuenta

factores externos y sociales, con los que comparar.

En el apartado siguiente haremos un breve resumen de la legislación que se ha ido introduciendo en este sentido.

2.4 Legislación sobre el ruido

La legislación sobre el ruido se puede establecer a tres niveles: Comunidad Económica Europea (CEE) y su aplicación por las autoridades estatales, Autonomías y Ayuntamientos.

Las leyes sobre el ruido, que es algo que tiene un ámbito tan cambiante, como todo lo relacionado con el Medio Ambiente, se van actualizando con la experiencia diaria, ya que aparecen nuevos campos donde la actuación debe ser inmediata, ya que la constatación de la acción nociva de nuevas tecnologías, nuevos materiales o nuevos elementos así lo requiere. Por ello, una Ley de este tipo debe ser necesariamente abierta y muy poco concreta en lo elemental o particular. Debe establecer claramente los criterios básicos, las competencias, los mecanismos de su desarrollo sin mucha burocracia, las obligaciones de las Administraciones y las responsabilidades de cada uno de los agentes que participan en el problema.

Las Leyes estatales deben desarrollarse y completarse con legislación autonómica, que adapte y complemente la primera a sus necesidades e idiosincrasia.

Como último eslabón de la cadena está el desarrollo municipal de las leyes marco elaboradas en instancias superiores. Esto se traduce en las llamadas Ordenanzas Municipales sobre el Ruido que, por su concreción a un entorno determinado, son las que afectan directamente al ciudadano.

La CEE ha elaborado muchas directrices relativas al ruido. Entre ellas mencionaremos varias que tienen relación con el control del ruido producido por los vehículos de motor: Directivas 79/113/CEE, 81/334/CEE, 81/1051/CEE, 84/372/CEE, 87/56/CEE, etc.

A nivel estatal se aplican gradualmente el contenido de estas directrices, cuyo contenido es el de leyes marco, que deben ser desarrolladas y concretadas sobre todo a nivel municipal.

El pionero en la elaboración de una Ordenanza sobre Ruidos fue el Ayuntamiento de Madrid en 1969. Posteriormente han sido muchos otros los que han legislado sobre este asunto a nivel municipal. Es conveniente advertir que muchas de las Ordenanzas elaboradas posteriormente por los ayuntamientos son una copia de la ordenanza madrileña, de tal manera que hasta se copiaron errores de ésta, errores que aún permanecen en algunos casos.

Centrándonos en lo que a nosotros nos afecta más directamente, digamos que el Ayuntamiento de Alicante aprobó en el Pleno del 1 de marzo de 1991 la Ordenanza Municipal sobre Protección contra Ruidos y Vibraciones (Boletín Oficial de la Provincia de Alicante del 8/4/1991). En líneas generales tiene un contenido similar a las Ordenanzas de otros municipios. Si algo puede reprocharse a esta Normativa es la constatación práctica de su falta de cumplimiento en algunos aspectos importantes. A modo de ejemplo y basándonos en nuestra experiencia de campo, podemos afirmar que circulan por la ciudad demasiados vehículos que están claramente infringiendo la Ordenanza, y esto es así o por falta de efectivos personales para hacer cumplir la Ley o por prudencia por las consecuencias que, sobre todo para los usuarios de pequeñas motocicletas, tendría la exigencia de su cumplimiento.

Al comentar los resultados que hemos obtenido, haremos una reflexión sobre los mismos en relación con esta Ordenanza Municipal.

3. EL RUIDO URBANO EN ALICANTE

3. EL RUIDO URBANO EN ALICANTE

En este capítulo haremos una aplicación de los conceptos sobre ruido que hemos introducido en el anterior al caso concreto de la ciudad de Alicante, objeto de nuestro trabajo.

3.1 Descripción de la ciudad de Alicante

3.1.1 El entorno urbano y socioeconómico

El municipio de Alicante tiene una extensión de 201,27 km² de superficie y está situado en una llanura litoral limitada por varios serrajones calcáreos entre los que destacan Las Aguilas, Alcoraya, Fontcalent y Colmenar como más alejados del casco urbano. La costa se extiende desde Agua Amarga hasta mediada la Playa de S. Juan, con una longitud de 16 km, de los cuales 6 km son playas arenosas y 10 km rocas. La ciudad, situada entre la montaña y el llano se ve constreñida por tres elevaciones montañosas que van a determinar su configuración espacial: la Serra Grossa o Sierra de S. Julián, que separa la zona este del casco urbano del área playera de la Albufereta y S. Juan; el Benacantil, lugar de emplazamiento de la ciudad vieja, no sólo por su valor militar sino por la protección que ofrece el monte; y por último, el Tossal. Completan la configuración física de la ciudad la costa, al sur y sureste, y el

Barranco de las Ovejas al oeste.

Desde el punto de vista de la población, Alicante contaba en 1857 con 27 550 habitantes, y en el año 1970 la población de hecho era de 184 716. El crecimiento de la ciudad en este intervalo de tiempo ha sido mucho más importante que el crecimiento de la población en toda la provincia. Mientras que en el periodo 1857-1970 la población de la provincia (sin contar los de la capital) creció un 211 % la capital creció un 659 %. La población actual es del orden de 290 000 habitantes.

La densidad de población que tiene Alicante hoy día ha de considerarse excesiva. A ello se añade, además, un trazado viario totalmente inadecuado a las necesidades actuales, lo que la convierte en una ciudad congestionada, más aún si se tiene en cuenta que mientras la población de la zona periférica crece, los kilómetros de calles en el centro de la ciudad permanecen inalterados en los últimos años, mientras se acumulan en la zona cada vez más los servicios políticos, comerciales y burocráticos. La puesta en funcionamiento de la circunvalación de la Autovía y en su momento la totalidad de la Gran Vía son dos acciones que permitirán aliviar las servidumbres de un tráfico cada vez problemático.

La estructura económica de Alicante responde a tres motivaciones básicas:

1) **Actividad portuaria**, históricamente importante, aunque cada vez menos significativa y en proceso residual.

2) **Actividad burocrática y comercial**, derivada de su condición de capital de una provincia populosa, agrícola e industrial.

3) **Actividad turística**, cuantificada durante muchos años como la segunda de la provincia, después de Benidorm.

Por todo ello, el sector servicios es con mucho el más desarrollado, seguido por el de la industria de la construcción.

La distribución del suelo en el término municipal es la siguiente:

- **Suelo residencial**, es el que se extiende por toda la zona central de la ciudad (Rambla, Explanada, Canalejas, Gadea, Soto, Alfonso el Sabio y alrededores) y por los diferentes barrios (S. Blas, Los Angeles, Pla, Carolinas, Benalúa, Babel, La Florida y Ciudad de Asís).

- **Suelo turístico-residencial**, que es el que se encuentra a lo largo de la carretera de la costa hacia las playas de la Albufereta y S. Juan, así como alrededor de Vistahermosa, junto con otras partidas en desarrollo actual.

- **Suelo rural**, que es el que se extiende por la zona este de la ciudad, colindante con otros municipios, sin solución de continuidad y en regresión constante.

- **Suelo industrial**, es el ocupado por los polígonos de Agua Amarga (65 Ha); los Angeles-Rabasa (45 Ha); LLano del Espartal, a ambos lados de la carretera de Madrid; la Florida; las Atalayas y Pla de la Vallonga. Todos ellos están prácticamente fuera del casco urbano.

En 1971 había en Alicante 1 452 900 m² de calzada y 430 749 m² de aceras y paseos, lo que suponía un total de 1 883 649 m² de vía pública. En nuestro días el viario ha crecido, pero relativo al área de nuestro estudio es prácticamente el mismo.

3.1.2 La estructura viaria de Alicante

La estructura viaria de la ciudad de Alicante viene condicionada por los siguientes hechos:

1) Su situación junto al mar, que centraliza toda la red, así como las actividades económicas, sociales y político-administrativas, a la vez que impide la expansión del casco urbano por el sur desempeña el papel de ordenador del espacio y el punto de referencia.

2) La existencia de dos montes, el Benacantil y el Tossal, en el casco urbano, que da lugar a dificultades a la hora de conseguir una conexión eficaz de la zona NE de la ciudad con el centro.

3) Estructura semiradiocéntrica, formada por un viario radial con rondas sucesivas (parte acabadas, otras en proyecto), que obliga en ocasiones a pasar por el centro para ir de un punto de la periferia a otro.

4) Red viaria estructurada sobre la base de las carreteras nacionales y locales. Hasta fechas muy recientes ha sido tal la pobreza viaria de la ciudad que tres de las cinco carreteras afluyen a la misma han articulado barrios enteros y las otras dos lo han hecho relativamente.

5) Simplicidad excesiva de la red urbana fundamental, que impide escoger alternativas a la hora de marcar una ruta.

6) Falta de vías distribuidoras y de penetración a los barrios con capacidad suficiente, hecho agudizado en el NE de la ciudad.

7) Falta de jerarquización de las vías, con lo que las mismas calles han de servir para funciones distintas.

8) Excesiva estrechez y centralización de las funciones en la parte baja de la ciudad.

9) Excesiva densidad en la zona centro debido al proceso especulativo, que ha dado lugar a un desarrollo urbano en altura y no en extensión.

10) Ausencia de suelo urbano a precio razonable, lo que ha determinado un desarrollo de la ciudad a lo largo de las vías de acceso, lo que provoca la saturación de las mismas al llegar al centro.

11) Manzanas demasiado pequeñas que proliferan innecesariamente los cruces, haciendo la circulación lenta y peligrosa.

En la **Fig. 3.1** se puede ver un gráfico donde se muestran los aforos de las principales rutas de acceso y tránsito de la ciudad. La medida fue realizada en 1984 y puede darnos una idea sobre las dificultades de la red viaria que hemos enunciado arriba.

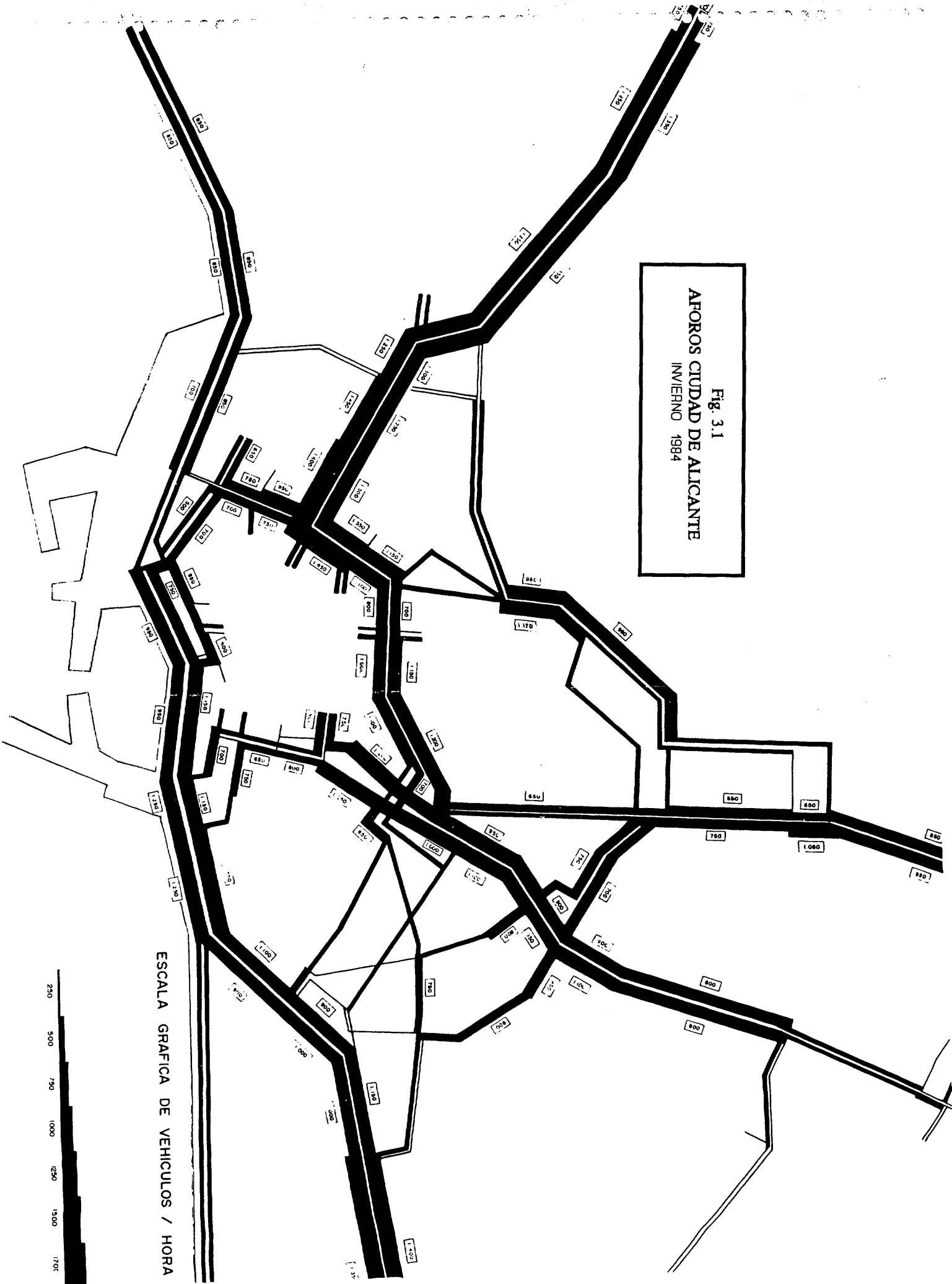
Las secuelas de esta configuración espacial de la red son tales que el casco urbano de Alicante, eficaz y adaptado al clima cuando servía a un número mucho menor de habitantes y uno de los más grandes del país entre las ciudades de su categoría, se ve ahogado por las nuevas funciones que ha de desempeñar, por los cambios en el uso del suelo y por la motorización creciente.

3.1.3 El transporte urbano

El único medio de transporte público que existe en la ciudad es el autobús. La empresa que actualmente se encarga de este servicio en la ciudad es MASATUSA. Existen 12 líneas y su grado de utilización por parte de los ciudadanos no es todo lo grande que sería de desear.

A efectos de nuestro trabajo, hemos hecho una representación de todas las líneas de autobuses (**Fig. 3.2**) en función del número de ellos que pasan por hora por cada calle de su recorrido. Una alta frecuencia de paso significa para aquella parte de la calle un nivel sonoro también elevado, dado que los

Fig. 3.1
AFOROS CIUDAD DE ALICANTE
INVIERNO 1984



ESCALA GRAFICA DE VEHICULOS / HORA



autobuses producen un nivel de ruidos mucho mayor que el de los coches. Sin embargo, la alta densidad del parque de coches particulares hace que la contribución acústica de los autobuses a la medida del nivel sonoro equivalente sea pequeña en la mayor parte de los casos, salvo en ciertas calles (Teatro, Cefeo y otras) en las que sucede lo contrario.

3.1.4 Las zonas lúdicas

Denominamos zonas lúdicas aquellas partes de la ciudad donde debido a la concentración de lugares de diversión (bares, discotecas, pubs,...) existe un alto nivel sonoro, incompatible con las fuentes de ruido habituales. Este hecho se ve agravado por la circunstancia de que esas emisiones sonoras se realizan en horas nocturnas.

Zonas de este tipo se han identificado dentro del casco de la ciudad, en particular en el Barrio Viejo, Gerona-Navas, S. Fernando-Rambla, Canalejas,... También son conocidos los problemas que afectan a las zonas lúdicas de la Playa de S. Juan durante el verano.

Aún reconociendo la importancia que el análisis de este aspecto tiene, sobre todo para los vecinos que habitan en estas calles, en nuestro estudio sólo hemos podido realizar una serie pequeña de medidas en estos lugares, pero que han sido elocuentes en cuanto a los resultados obtenidos: los niveles sonoros que se producen son realmente elevados, ya que a las 1:00 horas hay en algunos lugares más de 80 dB(A), que es el mismo nivel que hemos encontrado en la calle más ruidosa de Alicante durante el periodo diurno ↓.

3.2 Fuentes de ruido en la ciudad de Alicante

En este apartado analizaremos el patrón de ruido típico de la ciudad y valoraremos las distintas fuentes que lo originan.

3.2.1 El ruido de tráfico

Con el fin de tener una idea de las oscilaciones que a lo largo del día sufre el nivel de ruido ambiental, hemos hecho medidas del nivel sonoro a lo largo de las 24 horas del día, en ciertos lugares seleccionados. La selección ha sido realizada teniendo en cuenta varios factores: que la vía sea representativa y que se tenga la posibilidad de tener un lugar donde situar el sonómetro durante todo este tiempo de forma segura. Así tenemos cuatro puntos: En el cruce de Avda. Salamanca con Benito Pérez Galdós, lugar de un nivel muy elevado; en la calle Navas, frente al Ambulatorio; en General Lacy cruce con Cabrera; y en Pascual Pérez, cerca de Paseo de Soto.

Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 3.2.1 y siguientes. En cada una de las figuras se ha hecho una doble representación de los datos obtenidos entre las 22:00 horas y las 7:00 horas. Esto es así, por que como ya hemos indicado en 2.3 a los valores nocturnos se les suman 10 dB(A) para compensar el hecho de un ruido de menor nivel por la noche produce la misma molestia que otro de mayor nivel durante el día. La curva de trazo más fuerte son los valores obtenidos y la de trazo más fino es la corregida del efecto noche.

Para mostrar con mayor claridad las pautas del ruido ambiental a lo largo del día, hemos hecho un ajuste polinómico de grado 10 a cada una de las

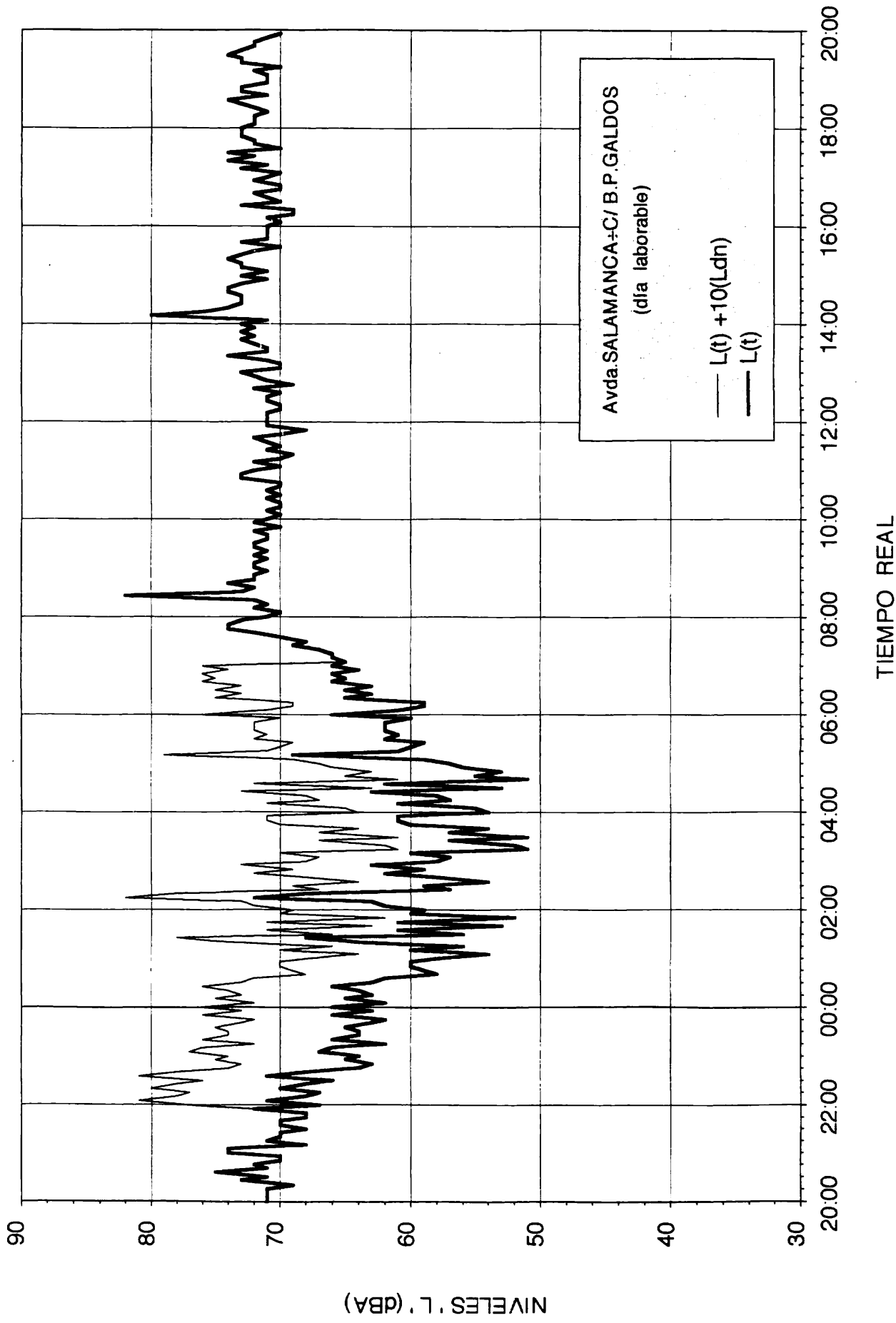


Fig. 3.2.1

Nivel sonoro **L** en función del tiempo para una medida continua de 24 horas en día laborable

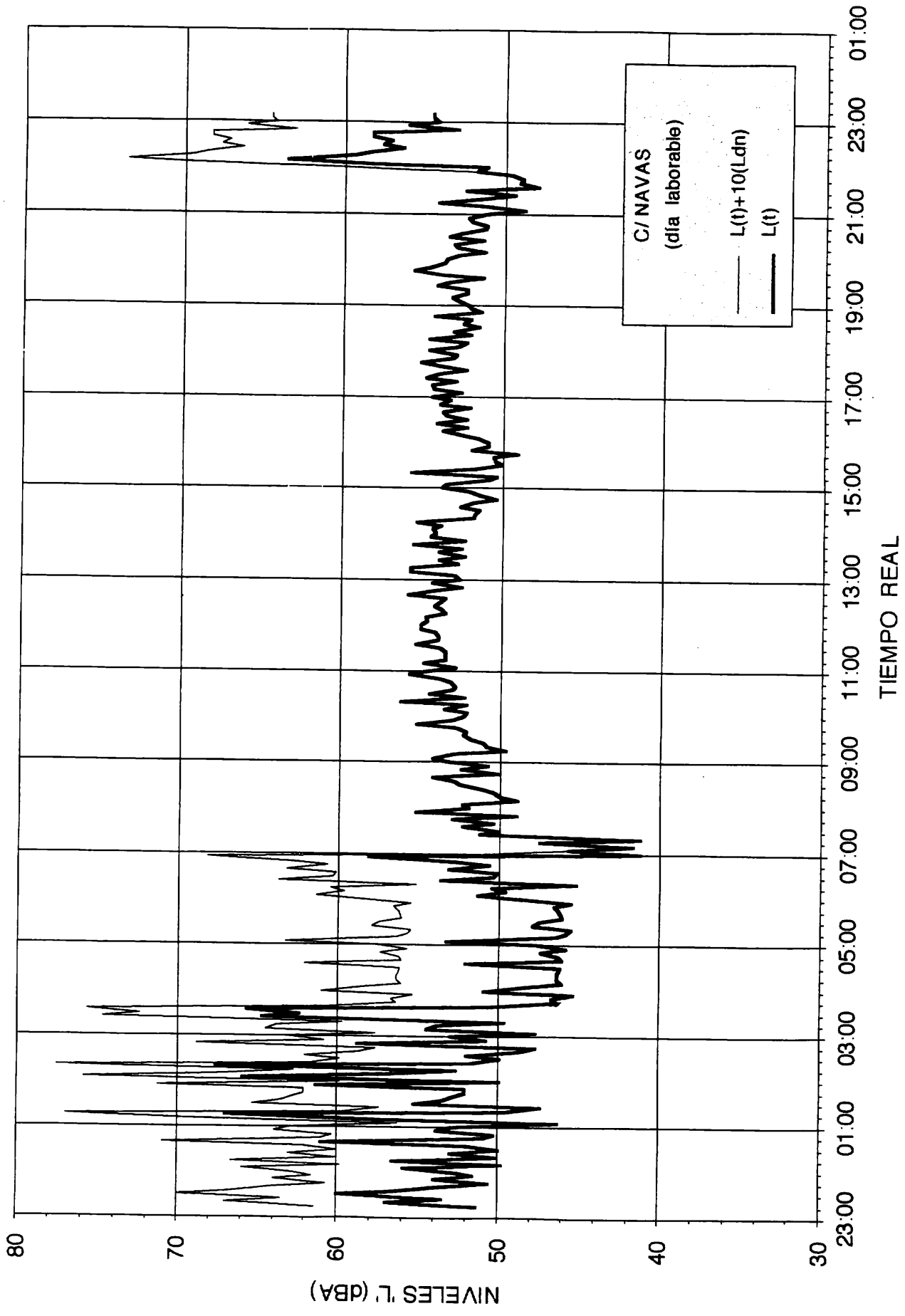


Fig. 3.2.2
 Nivel sonoro L en función del tiempo para una medida continua de 24 horas
 en día laborable

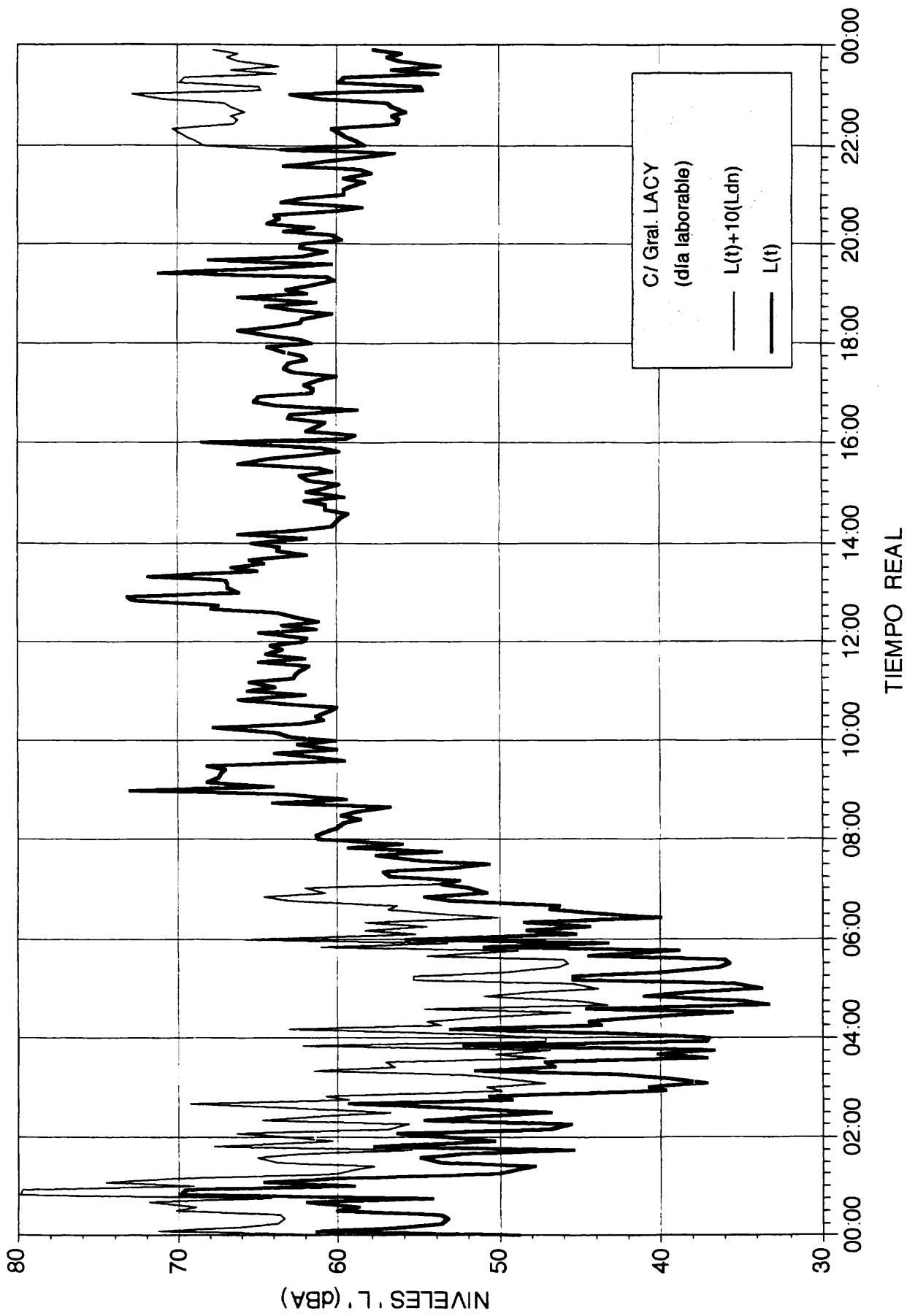


Fig. 3.2.3

Nivel sonoro L en función del tiempo para una medida continua de 24 horas en día laborable

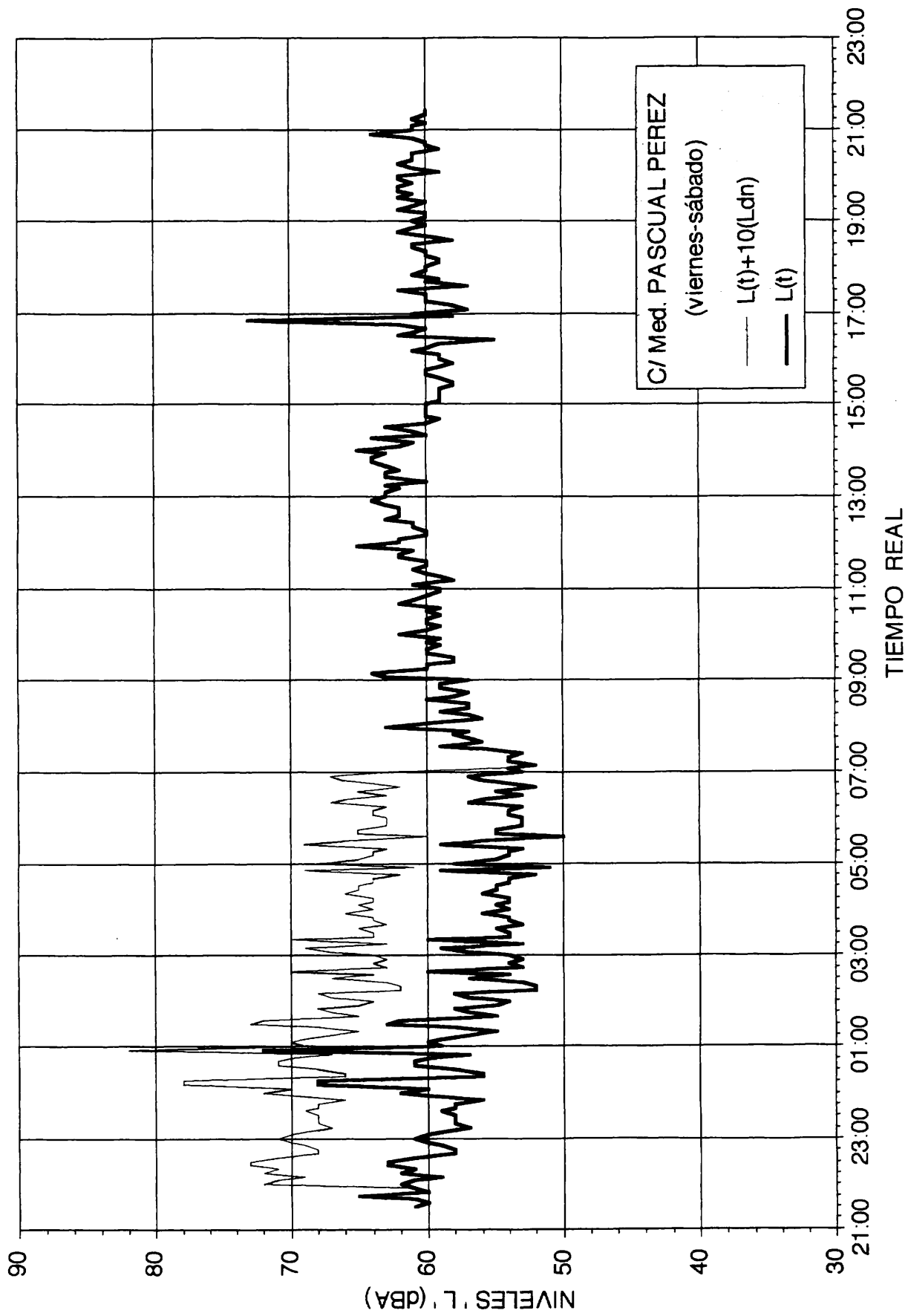


Fig. 3.2.4

Nivel sonoro L en función del tiempo para una medida continua de 24 horas desde el viernes noche hasta el sábado noche

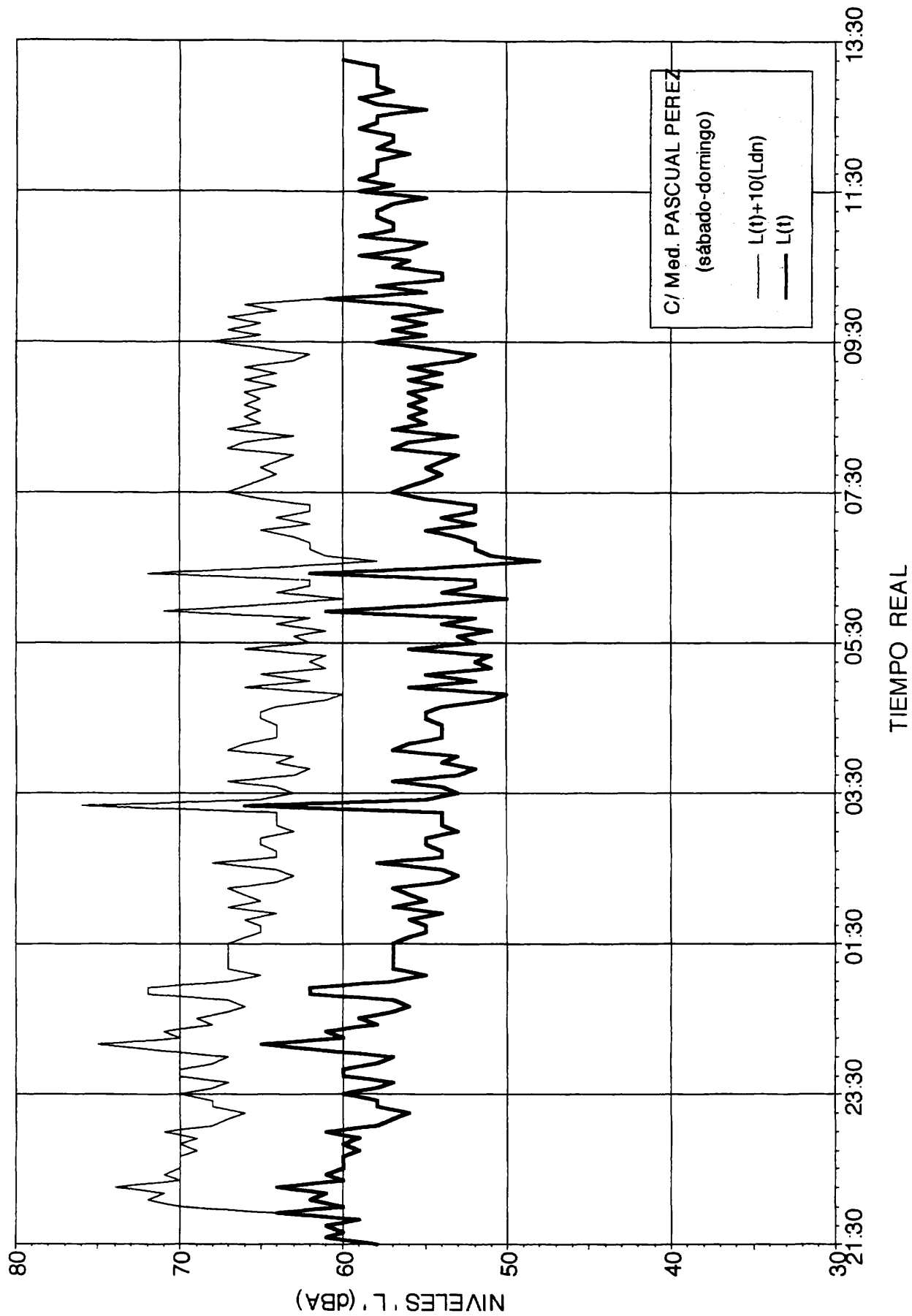


Fig. 3.2.5

Nivel sonoro L en función del tiempo para una medida continua de 16 horas desde la noche del sábado hasta mediodía del domingo

gráficas obtenidas, y el resultado se muestra en la Fig. 3.2.6.

El comportamiento global es, en todos los casos, el siguiente:

Existe un valle absoluto de ruido entre las 3:00 y las 6:00 horas en todos los casos.

Los máximos de ruido son múltiples y no son tan marcados. Hay máximos alrededor de las 11:00 y de las 20:00 horas.

La dinámica (diferencia entre el valor máximo del nivel y el valor mínimo) es mucho mayor en Avda. Salamanca y G. Lacy (30 y 40 dB(A), respectivamente) que en Pascual Pérez o Navas (20 dB(A) en ambos casos). Estos dos últimos lugares son acústicamente más uniformes, aunque existan fuertes oscilaciones de nivel en momentos determinados.

Las pautas indicadas muestran que la fuente de ruido básica en estos lugares es el tráfico de vehículos, afirmación que creemos puede extrapolarse al resto de lugares de la ciudad donde hemos realizado medidas.

Un apartado especial debe hacerse con el ruido producido por las motocicletas de pequeña cilindrada cuyo silencioso no se encuentra en las condiciones técnicas adecuadas (ya sea casual o intencionadamente), ya que en muchos lugares son la principal razón de obtener niveles excesivamente altos para los caudales de tráfico que por allí se registran.

3.2.2 Ruido de obras públicas y construcciones particulares

Salvo en determinados lugares, la causa de los niveles medidos no tiene su origen en el ruido de obras. En general, y dado que nuestro objetivo primordial es tener una idea del nivel sonoro medio de un cierto lugar, cuando

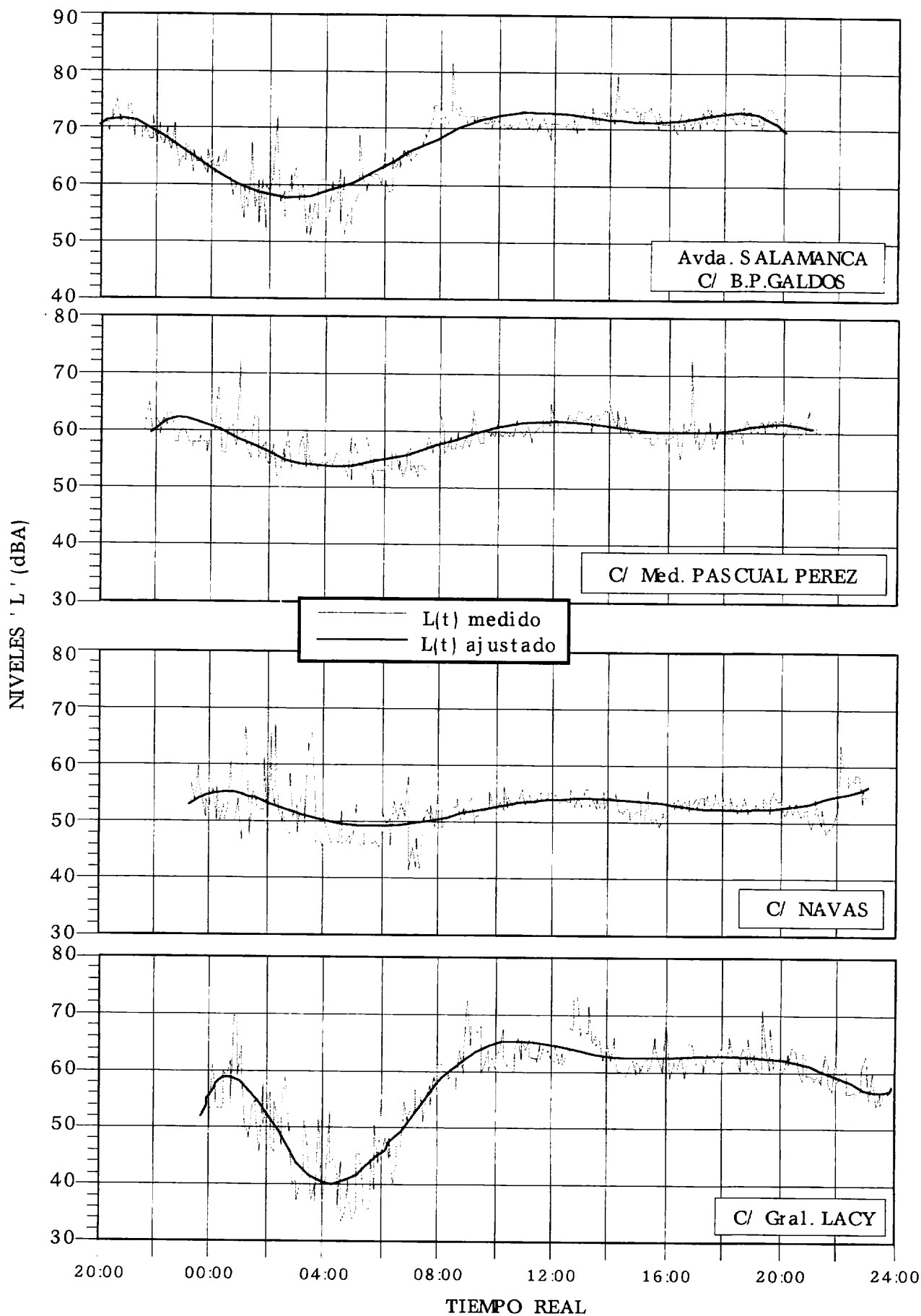


Fig. 3.2.6
Curvas de ajuste de los niveles en función del tiempo

ibamos a realizar una medida observábamos los alrededores para que la misma no se viera "contaminada" por la presencia de una fuente sonora no habitual. En caso de ser así, se posponía la medida hasta otro momento.

3.2.3 Ruido de locales de recreo

Como ya hemos indicado en otro apartado, las zonas donde se encuentra una cierta concentración de locales de recreo han sido tratadas como el resto, lo cual ha sido posible porque la mayor parte de las medidas se han realizado en horas diurnas, y los problemas de ruido con estos locales tienen lugar por la noche. A pesar de ello, hemos efectuado varias medidas nocturnas para tener una idea de los niveles que se alcanzan en estas zonas.

3.3 Planteamiento de las medidas a realizar en nuestro estudio

Tal como hemos indicado más arriba, las características de la ciudad de Alicante hacen que la causa principal que origina el ruido medioambiental es el tráfico automóvil, ya que el tráfico ferroviario es bajo y de poca velocidad y el aéreo se encuentra fuera de nuestra zona de estudio. Por ello, pensamos que la mejor metodología es aquella que se estructura en dos escalones:

1º) Una determinación de niveles sonoros a lo largo de las principales vías de tráfico, vías seleccionadas a partir de los datos de aforos existentes y de la experiencia práctica de los autores.

2º) Una determinación de niveles sonoros en las zonas de la ciudad que se encuentran entre las principales vía de tráfico, para así cubrir toda el área

geográfica a estudiar. Un efecto colateral de estas medidas es la de detectar vía cuyo nivel es muy elevado y que no habían sido seleccionadas en el primer escalón. Un caso de este tipo es la calle Tenerife, situada en el barrio de las 1000 viviendas.

Con estos criterios, el número de puntos o estaciones de medida a lo largo de los ejes viarios que hemos seleccionado han sido 133, mientras que los puntos de medida entre ejes ha sido de 250.

4. METODOLOGIA DEL TRABAJO

4. METODOLOGIA DEL TRABAJO

4.1 Elección de los puntos de medida

En el apartado 3.4 del capítulo anterior nos planteábamos la problemática relacionada con los puntos de la ciudad donde era conveniente hacer las medidas, dentro de los condicionamientos de un trabajo de este tipo. En principio, se deben tomar suficientes puntos para que quede cubierta toda el área de estudio y no permanezcan sin detectar focos sonoros importantes. Para ello existen dos opciones:

1ª) Dividir la zona a estudiar mediante una cuadrícula cuyo lado base deberá tener la longitud adecuada a las características y alcance de las medidas que se pretenden realizar. Las medidas se ejecutan en cada uno de los vértices de la malla. El costo de las medidas es un factor muy determinante en esta elección. A modo de ejemplo, en una zona cuadrada de 1 km² de superficie, si la cuadrícula se toma de 200 m de lado el número de puntos de medida es de 36, mientras que si tomamos 100 de lado el número de puntos sube hasta 121.

2ª) Establecer los principales ejes viarios de la zona en cuestión, y realizar las medidas a lo largo de los mismos. La distancia entre puntos de medida no es necesariamente constante, ya que ello va a depender de los posibles cambios en el régimen circulatorio de la vía (paso de ser vía de una dirección a otra de doble dirección, o viceversa; conversión en vía peatonal, cambio en las características de los locales comerciales de las viviendas, etc). Este método parte de un supuesto base: que en esa zona la fuente predominante de ruido es el tráfico. Si existen otras fuentes sonoras

(industrias, talleres, bares, discotecas, etc), habrá que realizar una serie de medidas complementarias a las de los ejes viarios.

La elección de un método u otro para la evaluación del nivel sonoro de una determinada zona es discutible. Por ello, dentro de este trabajo hemos querido hacer un análisis comparativo de ambos procedimientos, escogiendo para ello una zona del centro de Alicante, análisis que se muestra en el apartado siguiente.

4.2 El método de cuadrícula y el de ejes viarios

4.2.1 Análisis comparativo

En el capítulo 3 hemos hecho una breve descripción de las características urbanas de la ciudad de Alicante. De ellas hemos concluido que la principal fuente de ruido es el tráfico rodado y en algunas zonas muy concretas el llamado ruido lúdico.

Hemos escogido una zona cuyo centro está situado en el Paseo de Federico Soto y que está atravesada por varios viarios importantes: Avda. de Alfonso el Sabio, Paseo de la Estación, Avda. General Marvá, Paseo de Soto, Avda. Maisonnave y calle Reyes Católicos. En la zona hay diferentes tipos de barrios: La zona más antigua situada detrás de la Plaza de la Montañeta, hasta la calle Navas; una parte más moderna y con una gran presencia de comercios situada alrededor de Galerías Preciados y Avda. Maisonnave; la parte del ensanche más antigua con abundancia de comercios que se encuentra por debajo de Plaza de los Luceros; y, por último, otra zona de ensanche, relativamente tranquila, situada por encima del eje Paseo Estación y Avda. Alfonso el Sabio.

Casi todas las calles de la zona están abiertas al tráfico, ya que sólo un 4 % de las mismas es peatonal. Los coeficientes de altura (razón entre la altura de las casas y la anchura de la calle) de todas estas calles es relativamente elevado: un 55 % tienen coeficientes de altura superiores o iguales a 1,5; un 23 % lo tienen entre 1,0 y 1,5, y sólo un 22 % es inferior a 1,0.

La zona escogida es un cuadrado de 600 m de lado, y se muestra en la Fig. 4.2.1 y siguientes. Este cuadrado lo hemos dividido mediante una trama de 100 m de lado. Se han realizado medidas del nivel continuo equivalente L_{eq} (ver apartado 2.2) en cada uno de los 49 vértices de esa trama. Simultáneamente hemos medido a lo largo de todos los ejes viarios que se encuentran en el interior de la zona estudiada. En algunos casos las medidas podían servir para uno y otro método al coincidir los puntos de medida. En resumen, se han realizado medidas en 110 puntos de la zona. Las medidas han sido efectuadas en días laborables y en el periodo diurno comprendido entre las 9.00 y las 20.00 horas. Para evitar el posible efecto estacional se han realizado todas las medidas en un periodo de tiempo muy corto, en nuestro caso de una semana.

La caracterización acústica de toda la zona viene dada por un nivel sonoro medio de 65,2 dBA, con una desviación típica de 7,3 dBA.

En los resultados correspondientes al análisis de cuadrícula, se ha tomado como valor representativo de cada una de ellas la media logarítmica de las medidas realizadas sobre cada uno de los vértices que la limitan. En la de 100 m de lado base hay 49 nudos o vértices (**Fig. 4.2.1**), en la de 200 m hay 16 nudos (**Fig. 4.2.2**), en la de 300 m 9 nudos (**Fig. 4.2.3**) y en la de 600 m sólo 4 nudos (**Fig. 4.2.4**).

Para el análisis de red o ejes viarios se han efectuado las medidas a lo largo de las mismas y a distancias aproximadas de unos 100 m. Con estas medidas hemos podido confeccionar tres representaciones: en una hemos tomado todos los puntos de medida (**Fig. 4.2.5**); en la siguiente hemos tomado

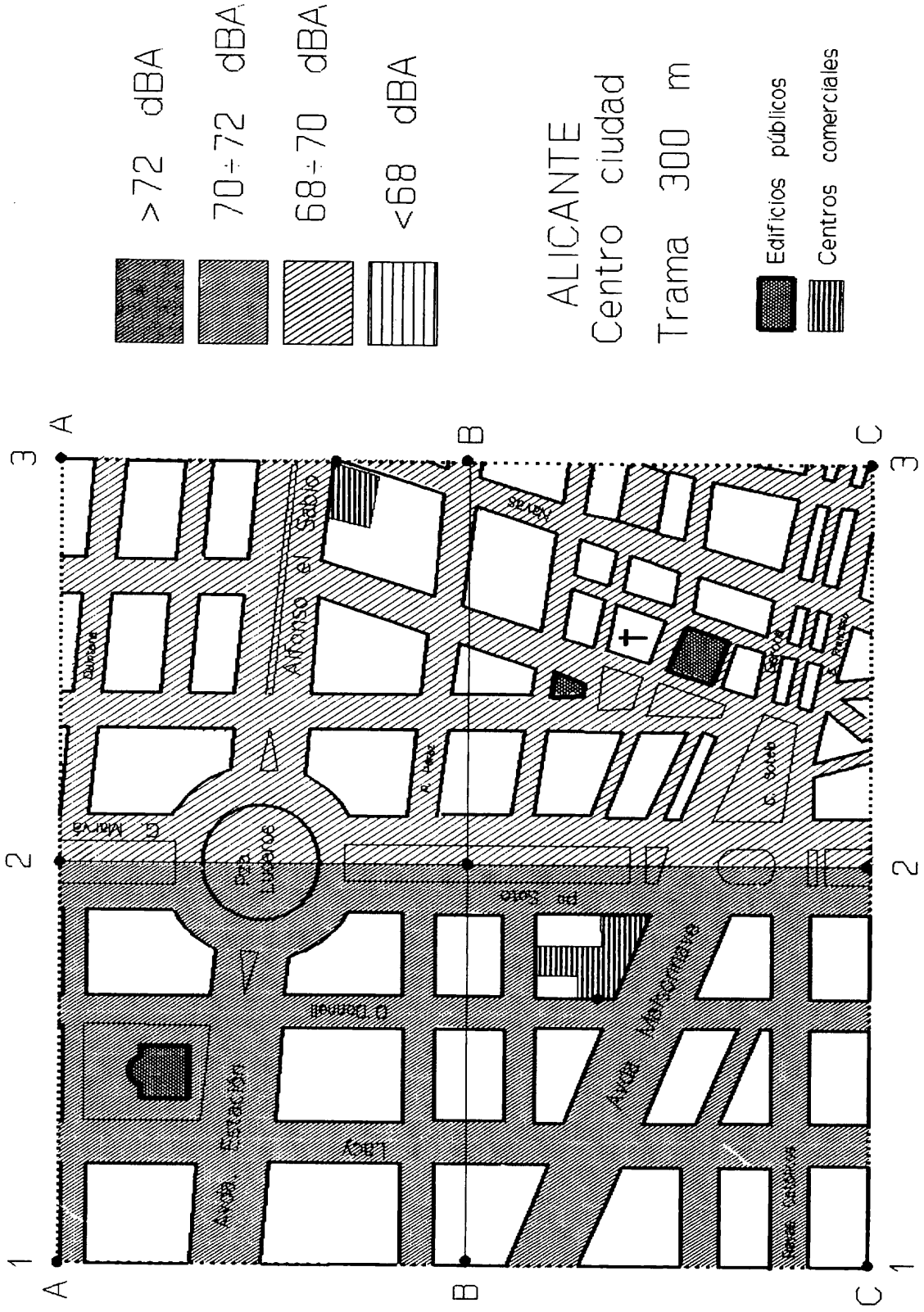


Fig. 4.2.3

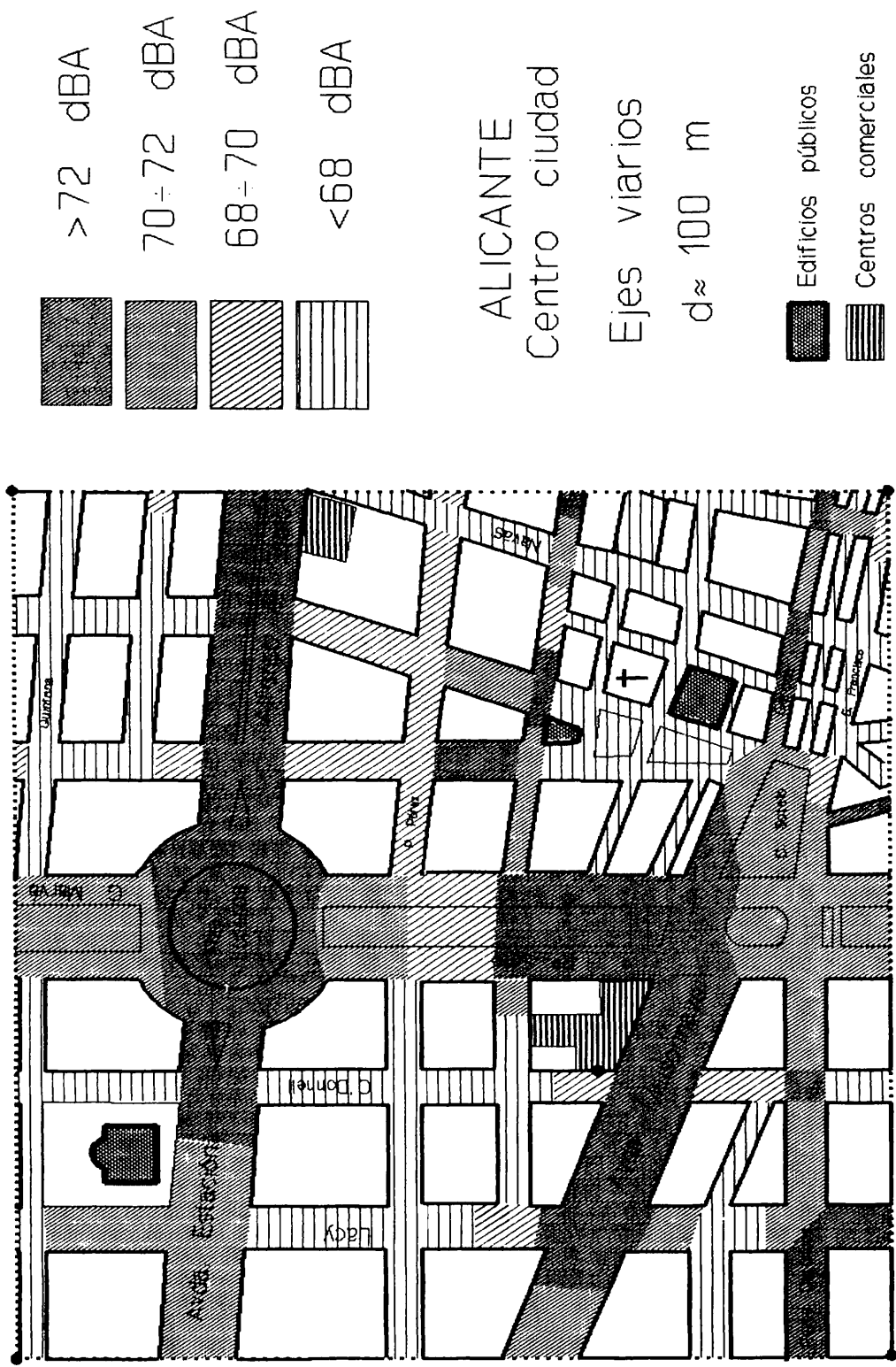


Fig. 4.2.5

puntos situados entre sí a unos 200 m de distancia (**Fig. 4.2.6**); y, por último, se han representado los valores de los puntos situados a unos 300 m unos de otros (**Fig. 4.2.7**).

4.2.2 Conclusiones

A partir de los siete gráficos que se presentan, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1ª) El método de ejes viarios ofrece, en general, una descripción más precisa que el de cuadrícula, ya que permite afinar la situación de los focos más ruidosos.

2ª) El mapa de ejes viarios de 100 m es el más preciso, pero se puede ver que el de 200 m ofrece prácticamente la misma información, necesitando para ello sólo la mitad de medidas que el primero.

3ª) El mapa de ejes (200 m) ofrece una información más detallada que su equivalente, en el número de medidas necesarias para confeccionarlo, por el método de cuadrícula. Se puede afirmar que incluso el de 300 m por ejes viarios ofrece una mayor definición que el de cuadrículas de 200 m.

4ª) Parece obvio, a la vista de lo anterior, que el procedimiento de ejes viarios permite realizar el mapa acústico de una zona con mayor calidad que el obtenido por el método de cuadrículas con el mismo número aproximado de medidas.

Este estudio comparativo será presentado a las Jornadas Nacionales de Acústica que se celebrarán el próximo 17 de Noviembre en Pamplona.

4.3 Trama de ejes seleccionados y conjunto de puntos complementarios

Analizando la estructura viaria de la ciudad de Alicante, hemos establecido 20 ejes o rutas que poseen una cierta coherencia respecto al tráfico que circula por ellas, ya que un vehículo dado puede recorrer una cualquiera prácticamente en su integridad. Además hemos seleccionado una serie de puntos complementarios, situados de manera que completen los vacíos que existen entre los ejes que hemos escogido.

4.3.1 Trama de ejes viarios seleccionados

Los ejes viarios son los siguientes:

4.3.1.1 Eje 1: Avda. Salamanca-Oscar Esplá

Longitud total del eje $L = 1500$ m

Número de estaciones de medida $n = 9$

Distancia media entre estaciones de medida $d = 190$ m

4.3.1.2 Eje 2: RENFE-Pza. España por B. Pérez Galdós

$L = 1000$ m

$n = 5$

$d = 250$ m

4.3.1.3 Eje 3: RENFE-Mercado Central por Avda. Estación y A. Sabio

$L = 1100$ m

$$n = 7$$

$$d = 180 \text{ m}$$

4.3.1.4 Eje 4: Pza. España-Explanada por Calderón-S. Vicente-Rambla

$$L = 1300 \text{ m}$$

$$n = 9$$

$$d = 160 \text{ m}$$

4.3.1.5 Eje 5: G. Marvá-F. Soto-Dr. Gadea

$$L = 1100 \text{ m}$$

$$n = 7$$

$$d = 180 \text{ m}$$

4.3.1.6 Eje 6: Pza. Calvo Sotelo-Maisonnave-Avda. Aguilera-Avda Orihuela-T. Aznar-F. Madroñal

$$L = 5000 \text{ m}$$

$$n = 15$$

$$d = 360 \text{ m}$$

4.3.1.7 Eje 7: Calle S. Fernando entre Dr. Gadea y Hotel Palas

$$L = 750 \text{ m}$$

$$n = 5$$

$$d = 190 \text{ m}$$

4.3.1.8 Eje 8: Cra. Elche-F. Mayo-Sta. M^a Mazzarello-Cuartel de Benalúa-Sto. Domingo-A. Muñoz Alonso

L = 2800 m

n = 10

d = 310 m

4.3.1.9 Eje 9: Catedrático Soler-Pza. División Azul-L. Carbonell

L = 2000 m

n = 6

d = 400 m

4.3.1.10 Eje 10: S. Gabriel-Cra. Elche-Canalejas-Explanada-Playa Postiguet

L = 4400 m

n = 14

d = 340 m

4.3.1.11 Eje 11: Universidad-Cra. S. Vicente-Avda. Novelda-Avda. Alcoy

L = 1900 m (Hasta gasolinera Barrio Tómbola)

n = 7

d = 320 m

4.3.1.12 Eje 12: Pza. Toros-Avda. Jijona-M. Alonso-G. Castelló

L = 2700 m

n = 9

d = 340 m

**4.3.1.13 Eje 13: Pza. G. Mancha.Soto Ameno-Dr. Rico-A. Ibarra-Avda.
Novelda-Conde Lumiares-Pinoso-Gongora-Pza. Manila-E.
Madrid-P. Esplá**

L = 5400 m

n = 20

d = 280 m

4.3.1.14 Eje 14: L. Carbonell-Gran Vía-Teulada-Divina Pastora

L = 3300 m

n = 8

d = 470 m

**4.3.1.15 Eje 15: Panteón Quijano-Fca. Tabacos-Pza. Pio XII-Padre
Esplá-Avda. Denia**

L = 1800 m

n = 9

d = 225 m

4.3.1.16 Eje 16: Conde Lumiares-Jaime Segarra-G. Elizaicín-Pza. Hospital

L = 1100 m

n = 6

d = 220 m

4.3.1.17 Eje 17: Fca. Tabacos-Vázquez de Mella-Avda. Denia-López de Osaba-Pza. Hospital-S. Carlos

L = 2400 m

n = 11

d = 240 m

4.3.1.18 Eje 18: G. Castelló-Ejércitos Españoles-A. Ramos Carratalá-Cra. N-332

L = 2500 m

n = 5

d = 625 m

4.3.1.19 Eje 19: Cra. S. Vicente-Virgen del Remedio-G.Castelló

L = 1100 m

n = 6

d = 220 m

4.3.1.20 Eje 20: Cra. de la Cantera-Avda. Denia-Cra. N-332

L = 6600 m

n = 10

d = 730 m

4.3.2 Puntos complementarios

Es evidente que, salvo la elección de una gran cantidad de ejes viarios, entre los distintos ejes existen zonas sobre las que debemos realizar medidas, para así tener una cobertura del espacio urbano lo suficientemente densa para poder sacar conclusiones de conjunto.

Estas medidas las hemos agrupado de acuerdo con las divisiones, más o menos convencionales, que hemos hecho de la ciudad:

4.3.2.1 Benalúa

Se han seleccionado 14 puntos de medida, comprendidos en la zona delimitada por la carretera de Elche, Avda. Oscar Esplá, vías del ferrocarril y Gran Vía. Desde el punto de vista de los ruidos podemos delimitar tres zonas: una sería lo que propiamente es el barrio de Benalúa, y que se encuentra por debajo de Avda. Aguilera. La segunda es la comprendida entre la Gran Vía, Avenida de Aguilera y el cuartel de Benalúa. Y por último, hay una tercera, la más pequeña, que es la comprendida entre las vías del ferrocarril y Avda. Aguilera. Es de advertir que la zona situada entre la carretera de Elche y Catedrático Soler no tiene relevancia actualmente, por ser una zona en proceso de cambio en el uso del suelo y estar deshabitada en su mayor parte.

4.3.2.2 La Florida-Ciudad de Asís-Babel

Podemos considerar cuatro zonas: la primera sería la parte del barrio de Babel situado a un lado y otro de Catedrático Soler, donde hay bloques muy altos con grandes espacios entre ellos y además varios centros docentes (uno de ellos -Instituto Politécnico- es un gran foco sonoro) que contribuyen al nivel sonoro ambiental significativamente. La segunda es el propio barrio de Babel, limitado por Avda. de Orihuela, calle de Fernando Madroñal y calle de Tomás Aznar Domenech. La tercera es el barrio de la Florida, atravesado por varias calles cuyo nivel sonoro es alto. Y por último, tenemos la zona de Ciudad de Asís, limitada por el ramal de la vía del ferrocarril que va hacia la estación de S. Gabriel.

En esta zona hemos elegido 10 puntos de medida complementarios, habida cuenta de que ya existen muchas otros, que forman parte de los ejes viarios que la atraviesan.

4.3.2.3 San Blas (Alto y Bajo)

Los límites del barrio son Avda. Salamanca, la vía del tren (estación de RENFE), Gran Vía, Avda. Novelda y monte del Tossal (Institutos Jorge Juan y Miguel Hernández, Escuela Normal del Magisterio y antiguo Hipódromo). Podemos distinguir la zona de S. Blas Bajo, formada por calles muy estrechas, la zona de S. Blas Alto, con grandes bloques espaciados entre sí, y las calles cercanas a Avda. Novelda por la parte del Altozano. Se han seleccionado 15 puntos de medida, además de los correspondientes a los importantes ejes viarios que atraviesan el barrio.

4.3.2.4 Los Angeles-Divina Pastora

Se han seleccionado 9 puntos dentro de varias zonas algo diferentes entre sí: Divina Pastora es un pequeño barrio muy peculiar, alterado hoy día por el paso cercano del enlace directo con la autovía de circunvalación. Tómbola es el otro barrio, en proceso de urbanización acelerada. Dentro del barrio de los Angeles podemos distinguir dos partes bien distintas: la zona situada a la izquierda de la calle Teulada, muy tranquila acústicamente, y la parte comprendida entre Teulada y Avda. Novelda, mucho más ruidosa.

4.3.2.5 Virgen del Remedío-Juan XXIII

Es un área muy extensa, con agrupaciones de bloques de una cierta altura en algunas partes y con grandes espacios vacíos. Por un lado tenemos el barrio de Virgen del Remedío, muy ruidoso en las partes cercanas a los ejes viarios que lo atraviesan. Por otra parte está el barrio de las 1000 viviendas, en proceso de demolición, pero que no es muy ruidoso desde el punto de vista del tráfico rodado. La urbanización Juan XXIII forma otro núcleo de características muy diferentes a los otros barrios. Hemos tomado un total de 8 puntos de medida.

4.3.2.6 Pla-Carolinas

Es un barrio muy extenso pero muy similar en su estructura en todas las zonas del mismo. La parte nueva de bloques de viviendas en la zona de Carolinas ya se escapa del patrón típico de las calles y viviendas del Pla: estrechas las unas y de poca altura las otras. Hemos seleccionado un total de 22 puntos.

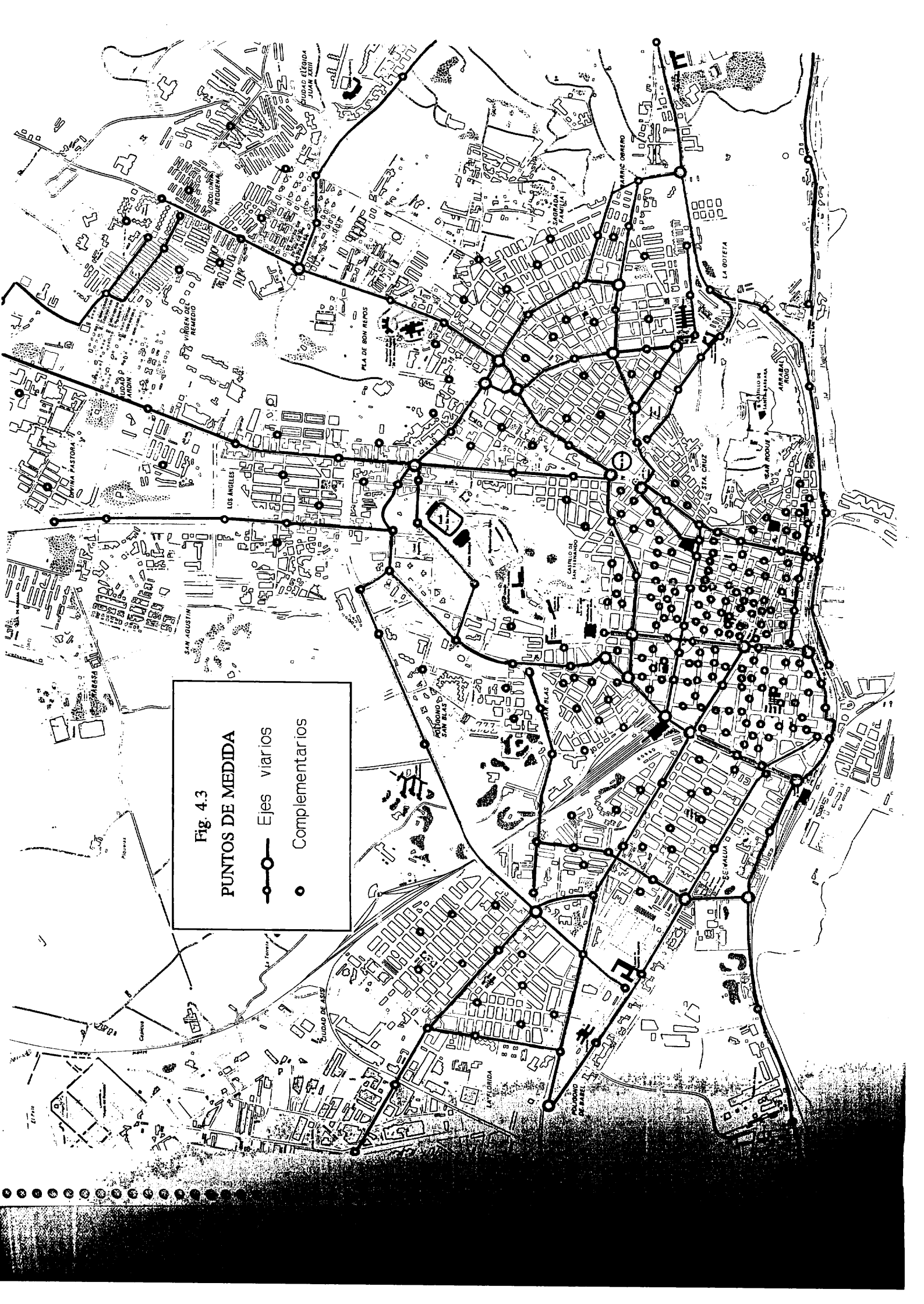


Fig. 4.3

PUNTOS DE MEDIDA

—○— Ejes viarios

● Complementarios

4.3.2.7 Centro

Llamamos "centro" a la zona de la ciudad limitada por el mar, Oscar Esplá, Avda. Salamanca, monte El Tossal, Plaza de toros, castillo de Sta. Bárbara y playa del Postiguet. Dentro se encuentran muchos hábitats urbanos, desde el casco antiguo (Barrio Sta. Cruz) hasta la zona comercial moderna crecida alrededor de Avda. Maisonnave. Es la zona donde hemos hecho el mayor número de medidas, tanto a lo largo de los ejes viarios como complementarias. Además hemos utilizado una parte en forma de cuadrado de 600 m de lado para hacer el estudio comparativo que hemos presentado en el apartado 4.2, siendo el interior de este cuadrado una de las zonas de mayor densidad de medidas realizadas. El total de puntos donde se han hecho las mismas es de 172.

En la **Fig. 4.3** se representan los 383 puntos donde se han realizado las medidas.

4.4 Metodología de las medidas

En este apartado describiremos con detalle el material de medida que hemos empleado, las Normas que regulan los procedimientos de medida y una justificación de las limitaciones y condicionamientos que hemos impuesto en nuestro programa de medidas en función de los objetivos de este trabajo.

4.4.1 Instrumental utilizado

Las medidas han sido realizadas con dos sonómetros cuyas características son las siguientes:

- a) Sonómetro marca **QUEST** modelo **M-28**, provisto de un micrófono

cerámico de 8 mm PZT. El aparato cumple las normas siguientes:

- Norma ANSI S1.4-1983 para aparatos clase 2
- Norma ANSI S1-25-1978
- Norma IEC 651 para aparatos clase 2
- Norma IEC 804

Posee un conector RS-232 que le permite realizar volcados de datos a un ordenador del tipo PC, o directamente hacia una impresora matricial. Para ello dispone del software necesario, el cual a su vez también permite el procesado posterior de los datos grabados.

Es un sonómetro del tipo integrador con el que se pueden realizar, entre otras, los siguientes tipos de medidas:

- Niveles continuos equivalentes en red de ponderación A, con tiempos de hasta 80 horas seguidas.
- Niveles instantáneos en red de ponderación A.
- Valores de pico y valores máximos.

El aparato puede almacenar hasta 16 sucesos o medidas distintas, lo que nos ha sido de gran utilidad, ya que así podíamos programar nuestros recorridos de manera que en cada uno de ellos se pudieran hacer este número de medidas. A continuación se volcaban los datos en el ordenador para su posterior procesado, y se inicializaba el aparato para una nueva tanda de medidas. Su pequeño tamaño y su poco peso lo hacen un aparato muy adecuado para las medidas de ruido urbano.

b) Sonómetro modular de precisión **BRÜEL & KJÆR 2231**, provisto de un micrófono de condensador 4155.

El aparato cumple las normas siguientes:

- IEC 804 para aparatos de tipo 1
- IEC 651 para aparatos de tipo 1 I
- ANSI S1-4.1983 para aparatos de tipo 1

Este sonómetro por su carácter modular puede realizar una gran cantidad de medidas acústicas, ya que se le pueden conectar distintos módulos que, junto con el software específico para cada uno de ellos, le permiten una gran versatilidad en sus posibilidades.

En nuestro caso hemos utilizado el módulo integrador BZ 7110, mediante el cual podemos obtener los siguientes parámetros:

- Nivel continuo equivalente (con redes de ponderación A, C o lineal) con un tiempo de medida de hasta 8 horas (la limitación se debe a la duración de las pilas).
- Niveles instantáneos (con redes A, C o lineal).
- Niveles de pico y máximo.

El aparato puede almacenar hasta 99 sucesos y se puede conectar a un computador del tipo PC mediante el módulo de interface ZI 9101. Se dispone de un software específico para el posterior tratamiento de los datos almacenados. El formato de estos datos es compatible con una hoja de cálculo LOTUS 1-2-3.

De lo anterior se deduce que el sonómetro 2231 es un aparato cuyas características de precisión (es un clase 1) lo hacen superior al M-28 (que es de clase 2). Sin embargo, para el tipo de medidas que hemos realizado en nuestra prospectiva los dos aparatos sobrepasan los mínimos técnicos imprescindibles. En caso de desear un análisis más detallado de alguna fuente de ruido (obtener sus componentes espectrales, por ejemplo) el único que podría cumplir esta misión sería el Brüel & Kjær 2231.

4.4.2 Normas de aplicación en las medidas

La medida del ruido se hace en función del impacto que produce en las colectividades. Por ello existe una norma (Norma UNE 74-022-81) relativa a la Valoración del ruido en función de la reacción de las colectividades que es de plena aplicación a nuestro caso. Esta Norma concuerda con la ISO 1996-1971.

Los principales aspectos de esta Norma son los siguientes:

1º) La medida del nivel sonoro equivalente L_{eq} se hará con la escala de ponderación A, y se darán los resultados en decibelios A (dBA o dB(A)).

2º) El aparato estará en la posición de respuesta rápida (FAST).

3º) El micrófono deberá encontrarse a una altura sobre el suelo entre 1,2 y 1,5 m y lejos de paredes, edificios u otras estructuras que reflejen el sonido. Se evitará la presencia de señales indeseables como el ruido del viento, utilizando para ello el protector de micrófono adecuado.

4º) Las medidas se harán en condiciones meteorológicas normales, evitando las situaciones extremas.

5º) La posición del micrófono respecto a la fuente sonora, que en este caso es **difusa**, será de unos 70° u 80 ° respecto a la horizontal.

En la **Fig. 4.4.1** presentamos un esquema de la situación típica de una medida en la calle, y en la **Fig. 4.4.2** se puede ver una fotografía del sonómetro QUEST en una vía amplia y de gran tráfico.

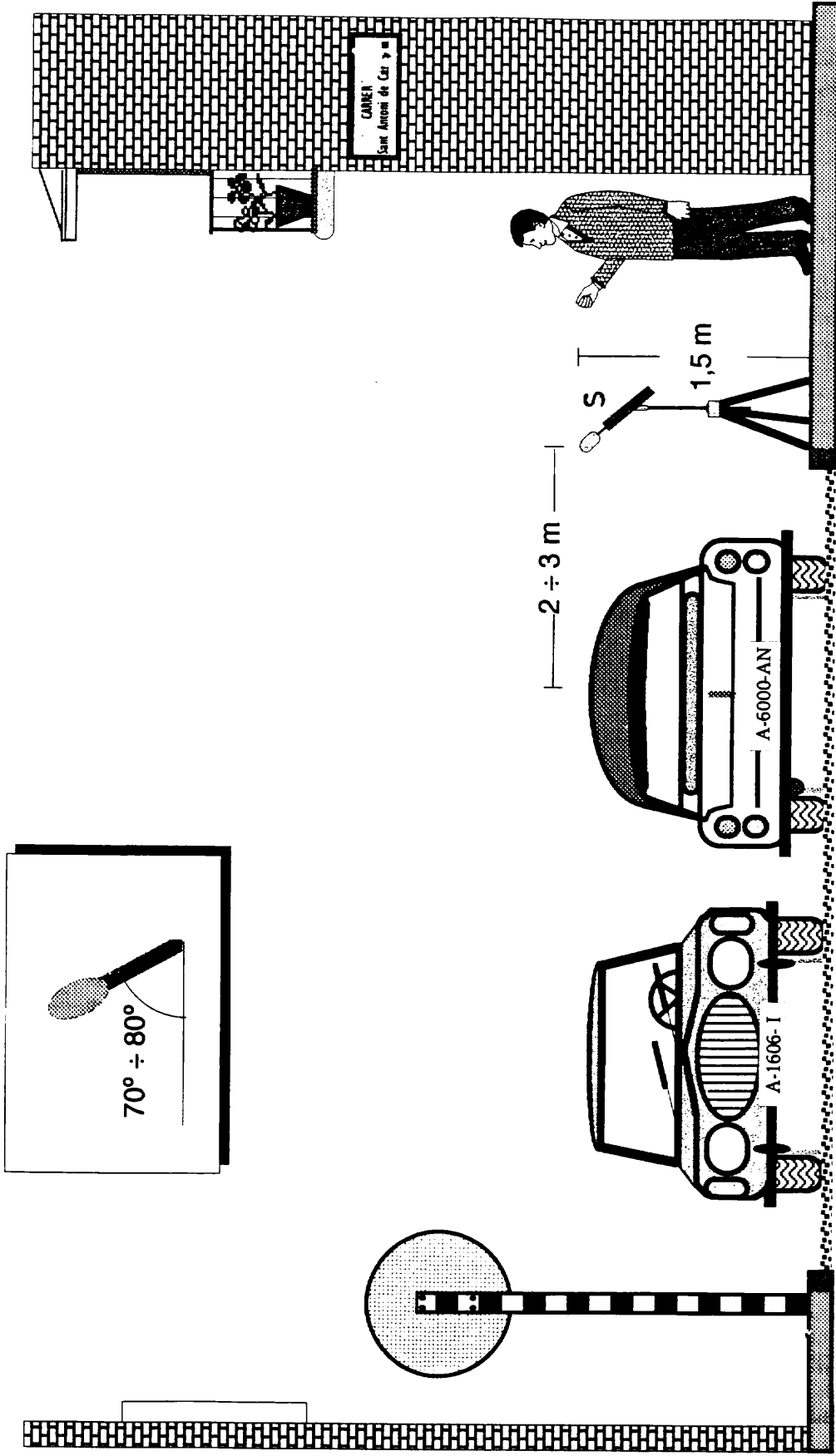


Fig. 4.4.1

Situación del sonómetro S en la estación de medida de ruidos urbanos



Fig. 4.4.2

Sonómetro QUEST M-28 montado sobre trípode en una medida de ruido en zona de tráfico rápido y con una gran componente de vehículos pesados y pequeñas motos

4.4.3 Los tiempos de medida

La obtención de un valor del nivel continuo equivalente, como magnitud representativa del ruido en un punto determinado de la ciudad, es dependiente del tiempo empleado en la realización de la medida.

En las dos páginas siguientes se muestran los resultados correspondientes a varias medidas realizadas en los ejes viarios 18 y 19. Se han representado los valores del L_{eq} en función del tiempo. Para ello, se iba anotando el L_{eq} a intervalos regulares. Para un ruido uniforme y constante el L_{eq} alcanzaría un valor constante en muy poco tiempo. Para ruidos fluctuantes en intensidad y en el tiempo hace falta que transcurra un cierto intervalo para que se estabilice la energía sonora que está recogiendo el sonómetro. Como puede verse en los distintos ejemplos que presentamos el comportamiento del L_{eq} en los primeros minutos de medida es muy variable: hay desde los que sufren fuertes oscilaciones iniciales para irse estabilizando hasta los que tienen un comportamiento asintótico suave, creciente o decreciente.

La cuestión de cuánto tiempo hace falta para obtener una medida significativa no tiene respuesta única. Depende de muchos factores, y aunque tiempos largos son recomendables, esto no se puede hacer cuando se trata de hacer un estudio con muchos puntos de medida, por que el tiempo total necesario para ello sería inaceptable.

En nuestro trabajo hemos adoptado un criterio que está basado en los resultados que se muestran en la **Fig. 4.4.5**. En las dos figuras se han representado los L_{eq} a medida que transcurre el tiempo en un intervalo de unos 30 minutos. La razón de este intervalo es porque se observó que los valores del L_{eq} estaban ya muy estabilizados, por lo que no tenía sentido seguir acumulando datos.

En el primer gráfico (medida en la Carretera de S. Vicente) se puede ver que

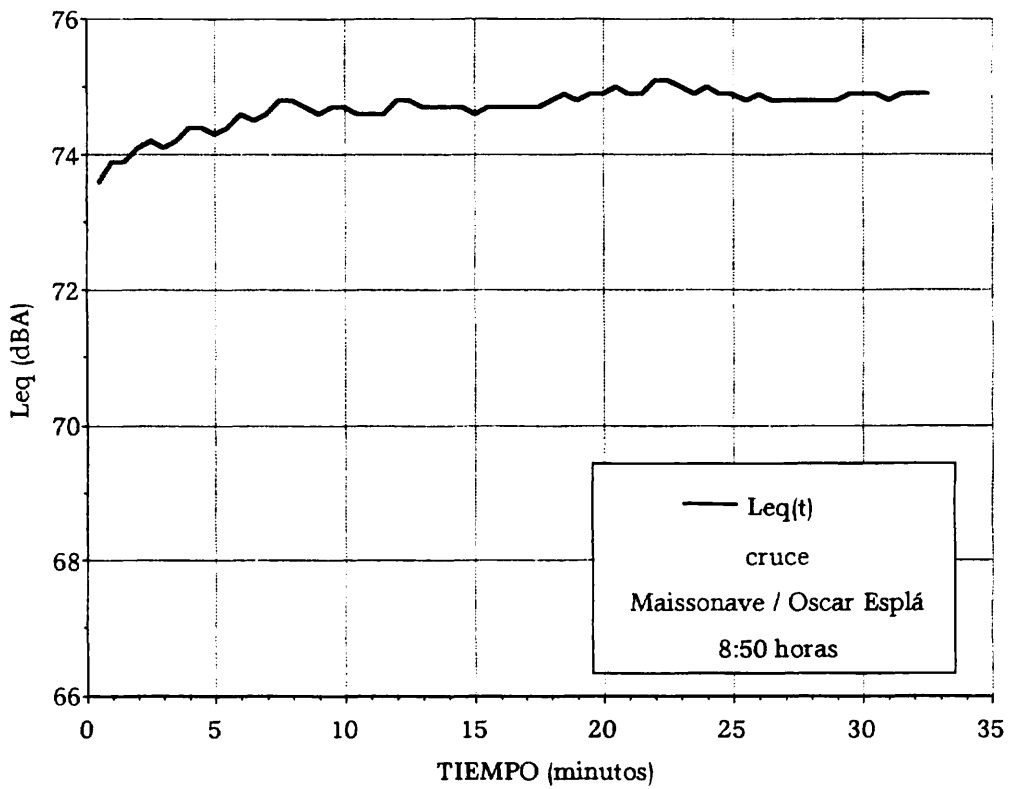
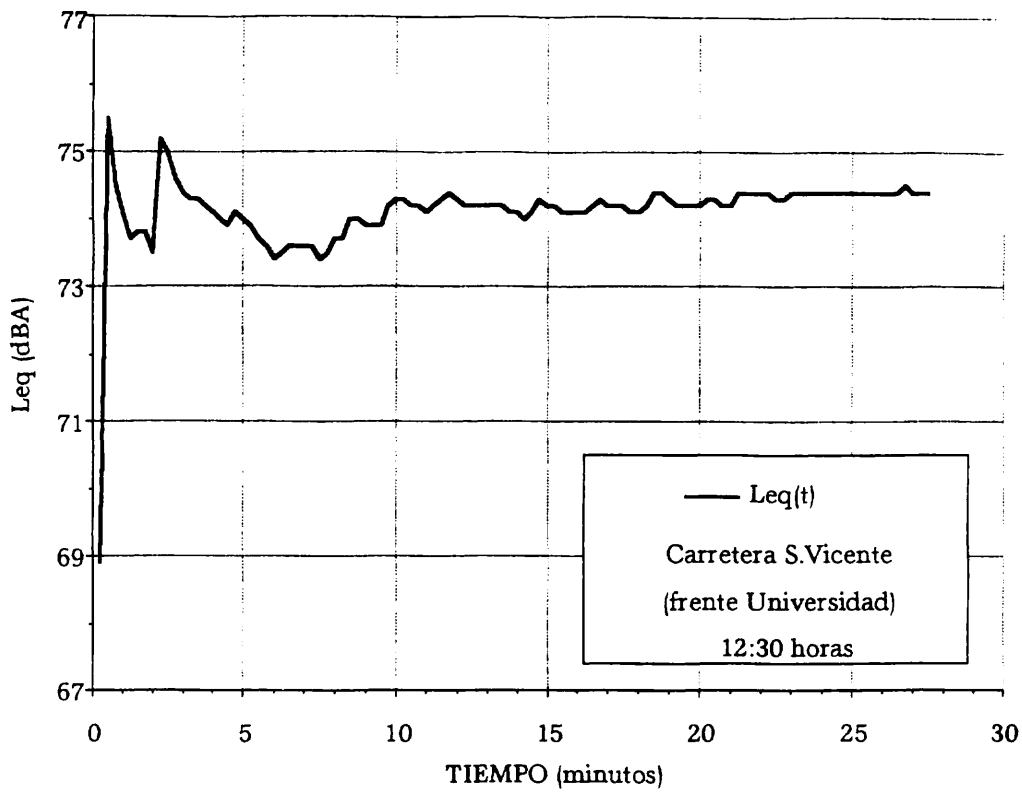


Fig. 4.4.5
Variación del Leq con el tiempo

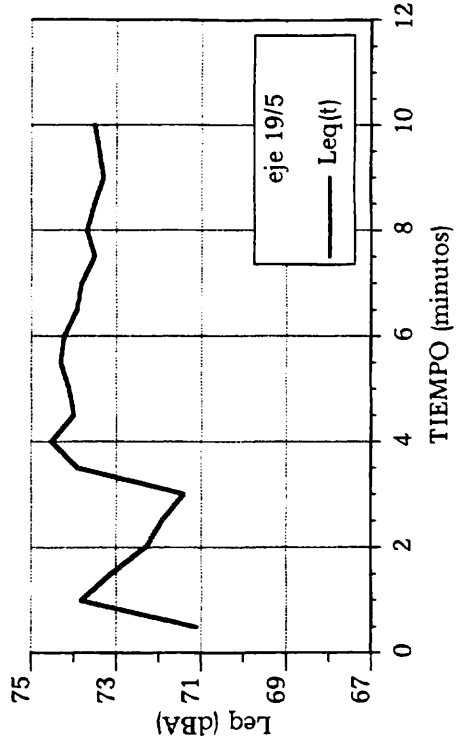
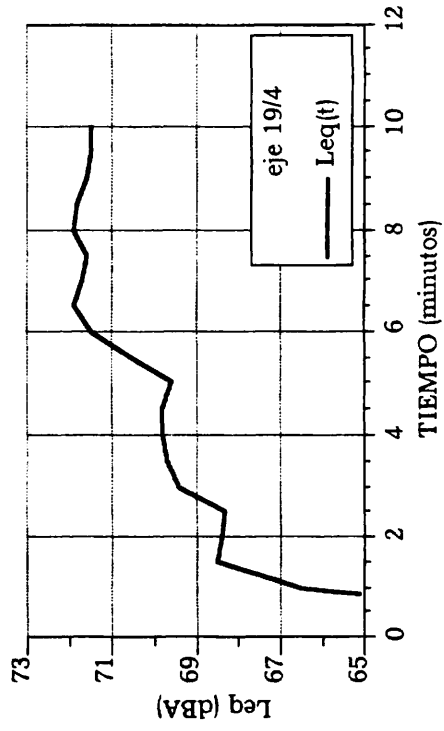
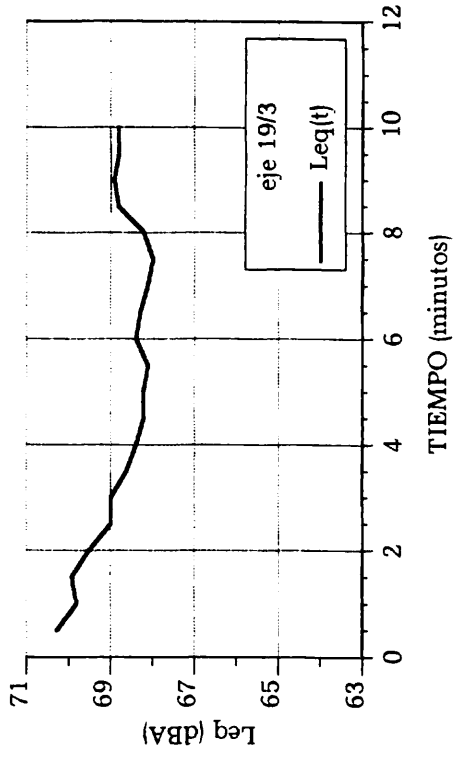
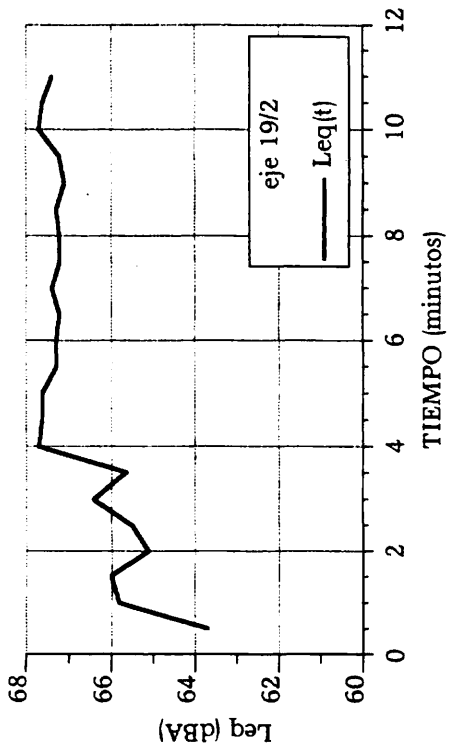


Fig. 4.4.4
 Variación del Leq en función del tiempo
 Medidas realizadas en el eje viario 19

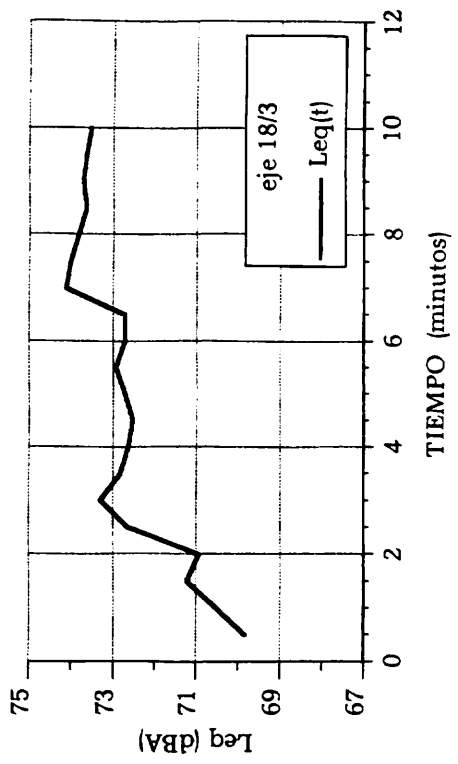
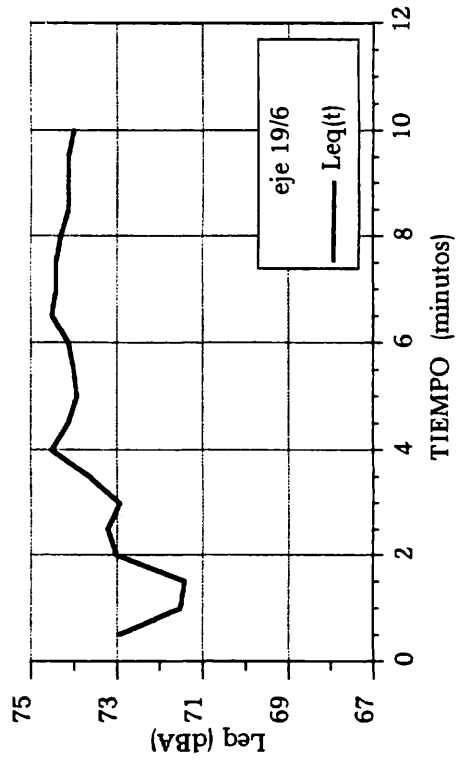
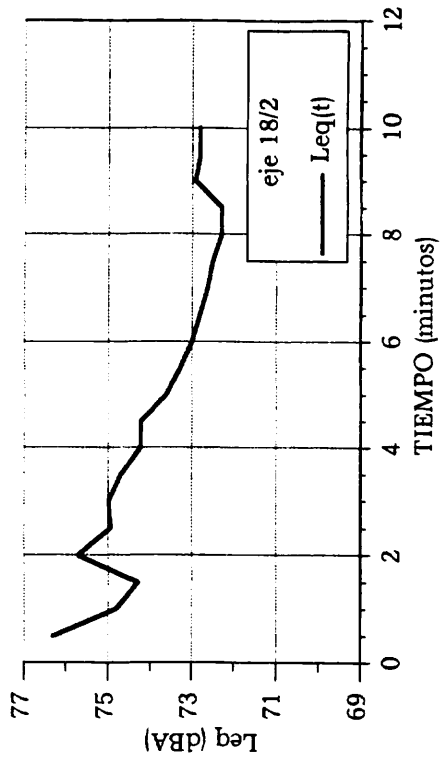
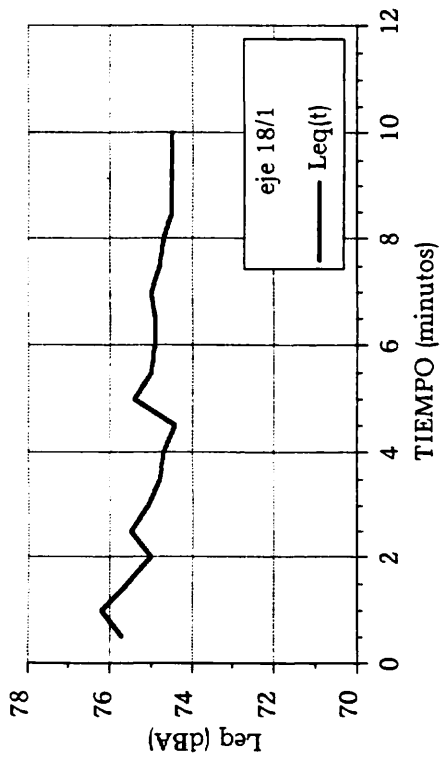


Fig. 4.4.3
 Variación del Leq en función del tiempo
 Medidas realizadas en el eje viario 18

$$L_{eq,28 \text{ min}} - L_{eq,10 \text{ min}} = 0,1 \text{ dB(A)}$$

y en la otra (cruce de Avda. Maisonnave con Oscar Esplá)

$$L_{eq,30 \text{ min}} - L_{eq,10 \text{ min}} = 0,2 \text{ dB(A)}$$

diferencias que pueden considerarse despreciables.

Por todo ello, nos parece razonable tomar como criterio general para el tiempo de medida 10 minutos, alargando o acortando este periodo en función de las características concretas del lugar de medida y de la situación de los focos de ruido. Esta variación del criterio la realizamos de forma rutinaria cuando observamos que la variación del L_{eq} que nos muestra el aparato in situ así lo aconseja.

4.4.4 Errores experimentales: una estimación

Los errores experimentales cometidos pueden ser atribuidos tanto al aparato de medida como a la propia magnitud a medir.

En el primer caso, la precisión de los aparatos y la calibración continua que hemos realizado nos permite afirmar que sus errores son mucho menores que los debidos a la indeterminación de lo que se pretende medir: el ruido medioambiental.

La propia naturaleza de este fenómeno hace difícil establecer un criterio determinado para la determinación de los errores experimentales, salvo que se haga un seguimiento extenso del comportamiento de cada punto de medida.

El ruido urbano es en sí algo cambiante a distintos niveles:

- Existen oscilaciones horarias dentro de un mismo dia.
- Existen oscilaciones diarias dentro de una misma semana o mes.
- Existen oscilaciones estacionales dentro de un mismo año.
- Etc.

En una primera fase de nuestro trabajo y con el fin de comprobar las oscilaciones horarias hicimos medidas repetidas a lo largo del dia para los puntos del eje viario 1, que nos sirvió de muestra. En la **Fig. 4.4.6** se muestran los resultados correspondientes a varios de estos puntos y mediante una línea de puntos el valor medio del nivel equivalente del punto $\langle L_{eq} \rangle$. Se han representado dos tipos de medidas: los cuadrados son medidas realizadas el mismo dia y los triángulos lo fueron en dias diferentes. Para cada grupo de medidas puede verse que sus valores se encuentran dentro de una banda de 4 dB(A), y que el valor del nivel equivalente para cada punto puede escribirse con muy buena aproximación que $\langle L_{eq} \rangle \pm 2$ dB(A).

Las diferencias en el nivel del orden de 2, 3 ó 4 dB(A) para el mismo punto pueden ser justificadas por una alteración de lo que podríamos considerar las condiciones estándar del punto de medida (presencia de una fuente ruidosa específica en un caso, ausente en el otro; obras públicas en curso en una de las medidas, etc).

Por ello, y como hipótesis razonable creemos que los valores de los niveles sonoros equivalentes que se muestran en este trabajo pueden ser afectados de una indeterminación de ± 2 dB(A).

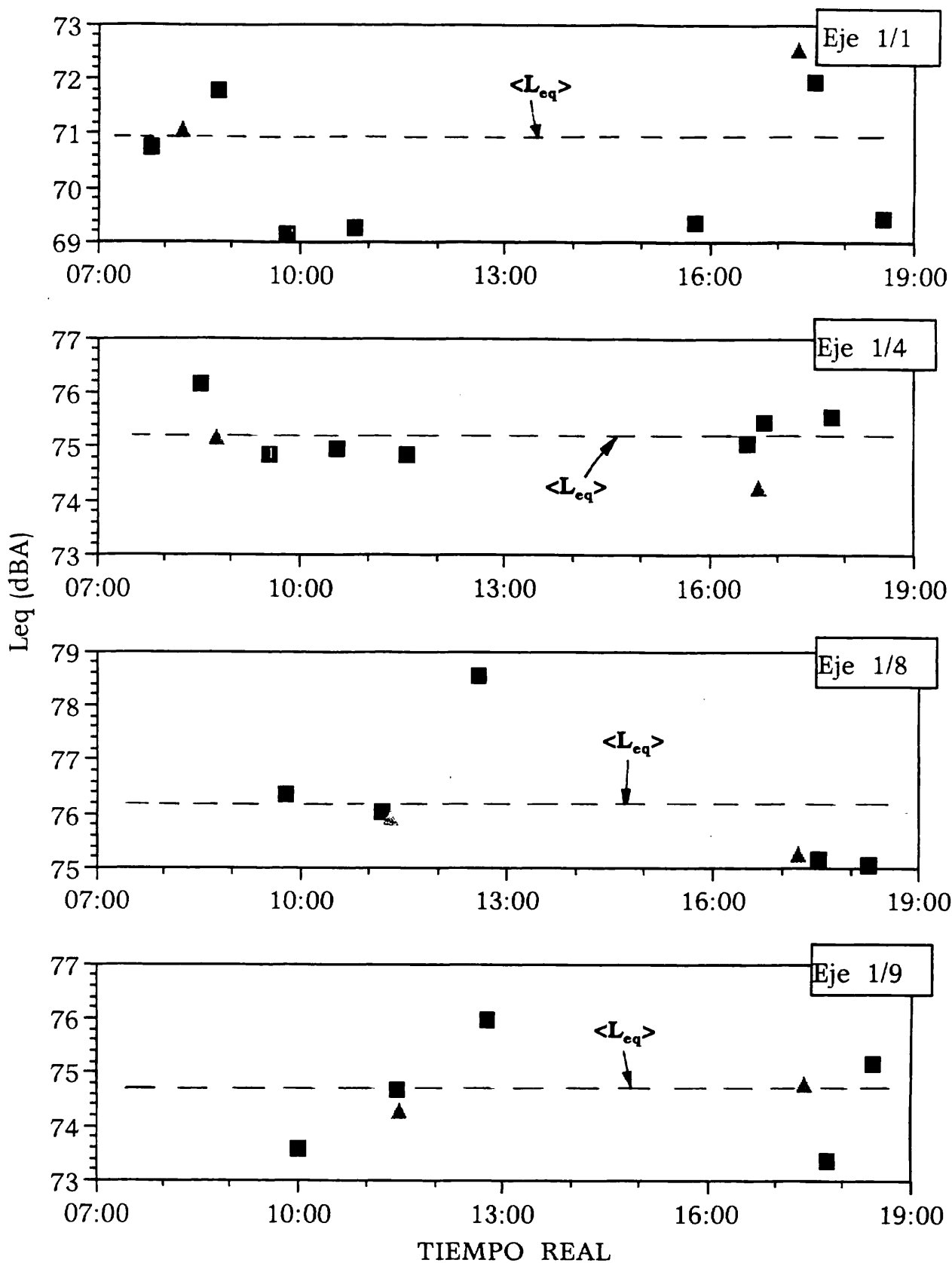


Fig. 4.4.6
Valores del nivel equivalente para un punto determinado

5. RESULTADOS OBTENIDOS

5. RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo presentamos los resultados de todas las medidas efectuadas en la ciudad de Alicante. El número de mediciones que se han realizado en cada punto no es idéntico en todos los casos, ya que en algunos puntos por el hecho de pertenecer simultáneamente a varios ejes viarios las medidas son múltiples, y en otros la repetición de medidas ha sido motivada por la necesidad de comprobar cuestiones metodológicas, relacionadas con la dispersión de los resultados.

El **resumen** de estas medidas es el siguiente:

- En **254** puntos se ha realizado una sola medida
- En **83** puntos se han realizado 2 medidas
- En **15** puntos se han realizado 3 medidas
- En **13** puntos se han realizado 4 medidas
- En **6** puntos se han realizado 5 medidas
- En **4** puntos se han realizado 6 medidas
- En **1** punto se han realizado 7 medidas
- En **3** puntos se han realizado 8 medidas
- En **2** puntos se han realizado 10 medidas
- En **2** puntos se han realizado 11 medidas

Sobre un total de **383** puntos se han realizado **644** medidas. El tiempo efectivo de medida ha sido de **109 horas y 1 minuto**, por lo que el tiempo efectivo medio para cada medida ha sido de **10 minutos y 9 segundos**.

Teniendo en cuenta los tiempos necesarios para desplazamientos hacia los lugares de medida y para ir de un lugar a otro, el tiempo total que se ha invertido en el trabajo de campo es del orden de unas 300 horas. No se computan en estas estimaciones las medidas de 24 horas continuadas que se han realizado en varias ocasiones, y que han contado con la colaboración de diferentes personas que han permitido se sitúe en su casa el sonómetro.

A continuación mostramos las medidas clasificadas en tres apartados: medidas realizadas a lo largo de los ejes viarios; medidas complementarias en las zonas comprendidas entre ejes viarios, y medidas correspondientes al centro de la ciudad y casco antiguo.

5.1 Medidas realizadas a lo largo de los ejes viarios

En las páginas que siguen se ofrecen los resultados de todas las medidas realizadas. Se sitúan exactamente los puntos de medida sobre un mapa esquemático de cada eje, indicando las medidas realizadas y si estas fueron hechas por la mañana (m), por la tarde (t) o por la noche (n). Los resultados se dan en este caso con tres cifras significativas, que es el valor que da directamente el sonómetro, aunque es de recordar lo que hemos dicho en el capítulo anterior acerca de la precisión y errores de estas magnitudes.

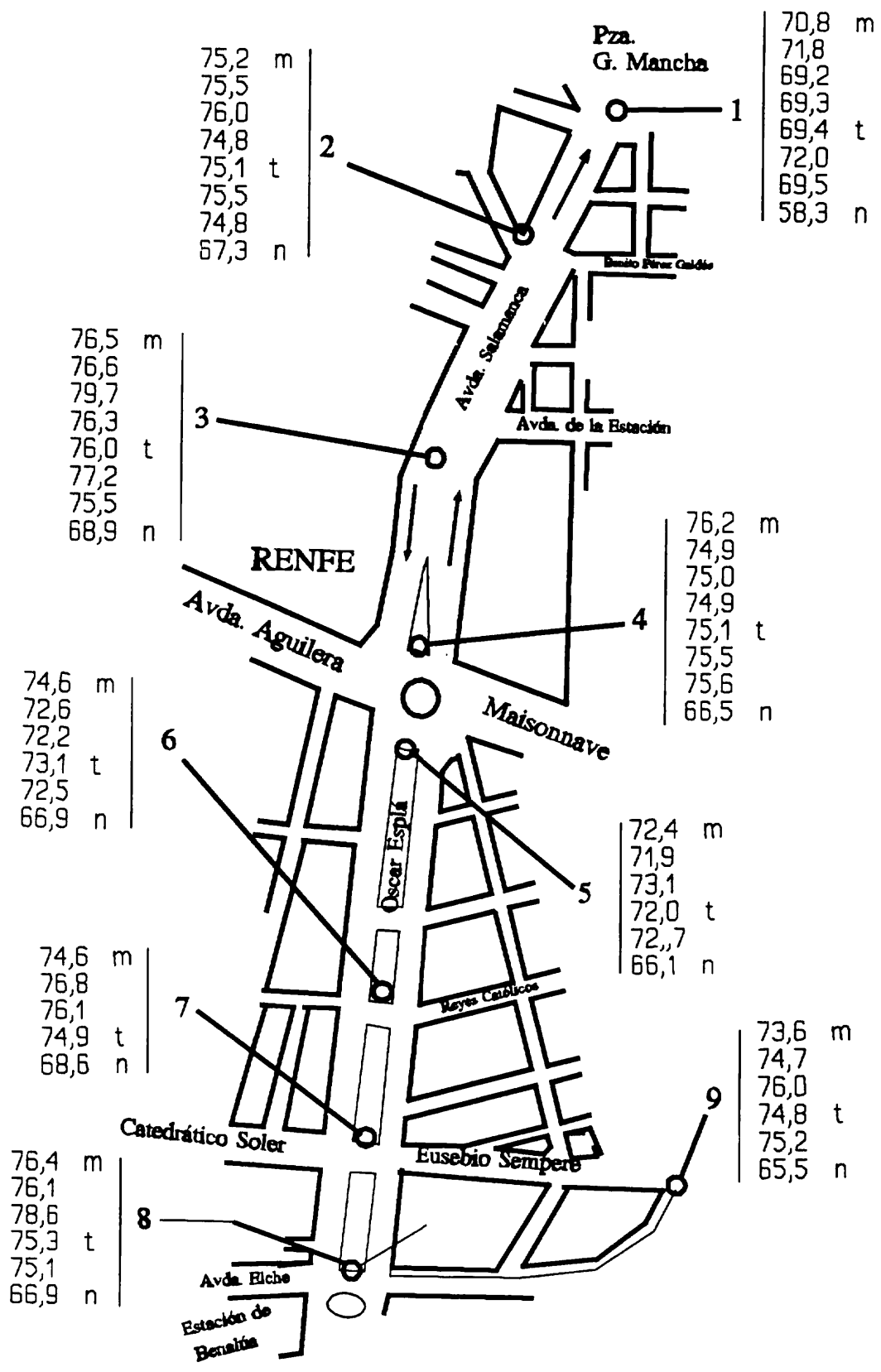


Fig. 5.1.1
EJE VIARIO 1

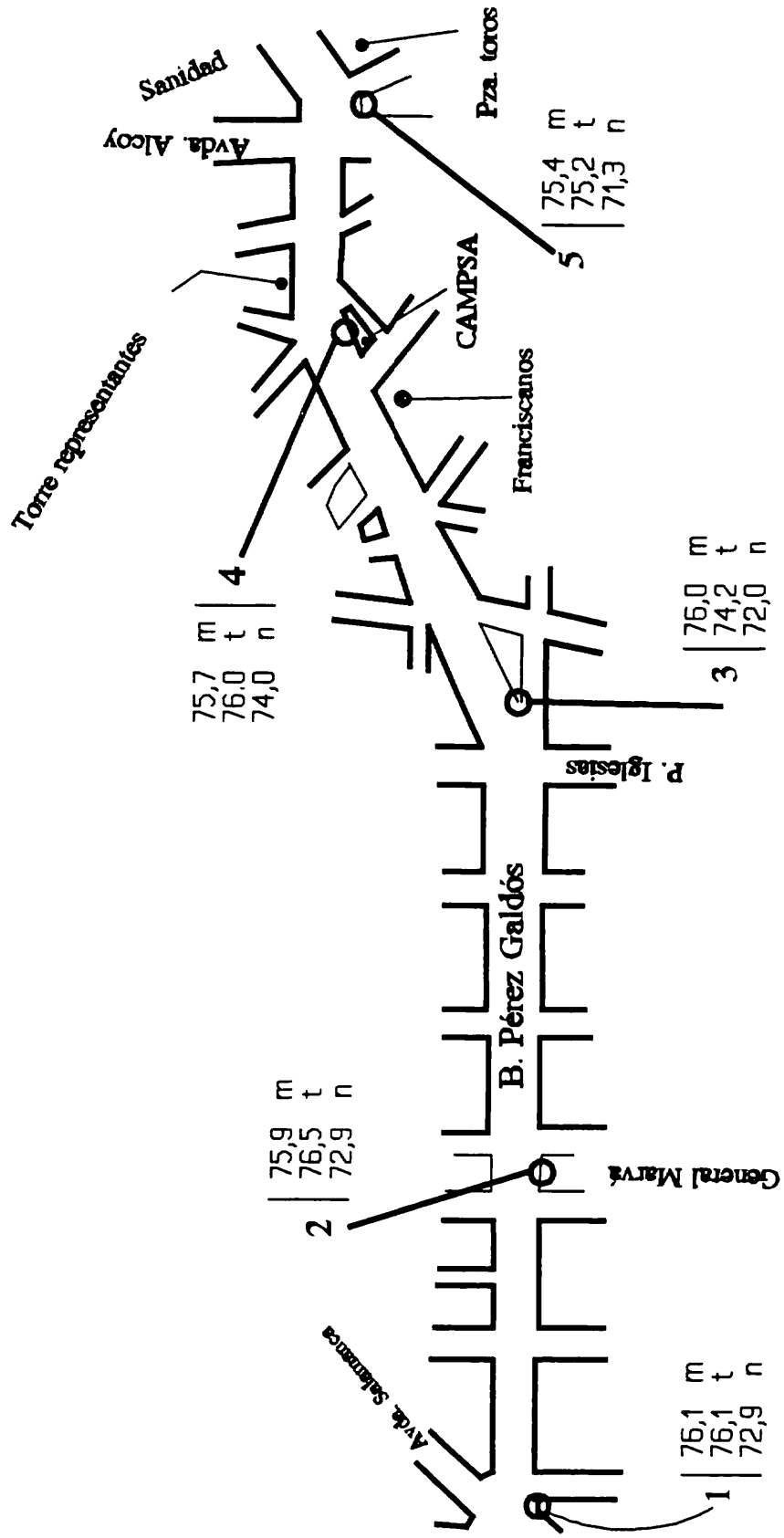


Fig. 5.1.2
EJE VIARIO 2

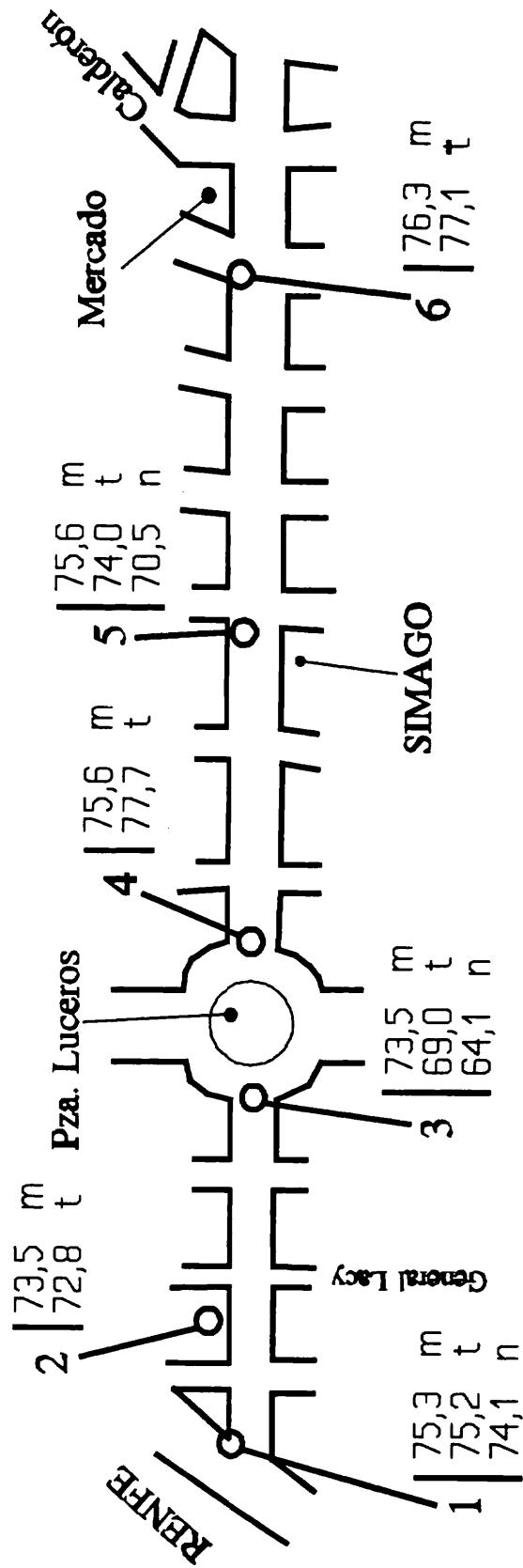
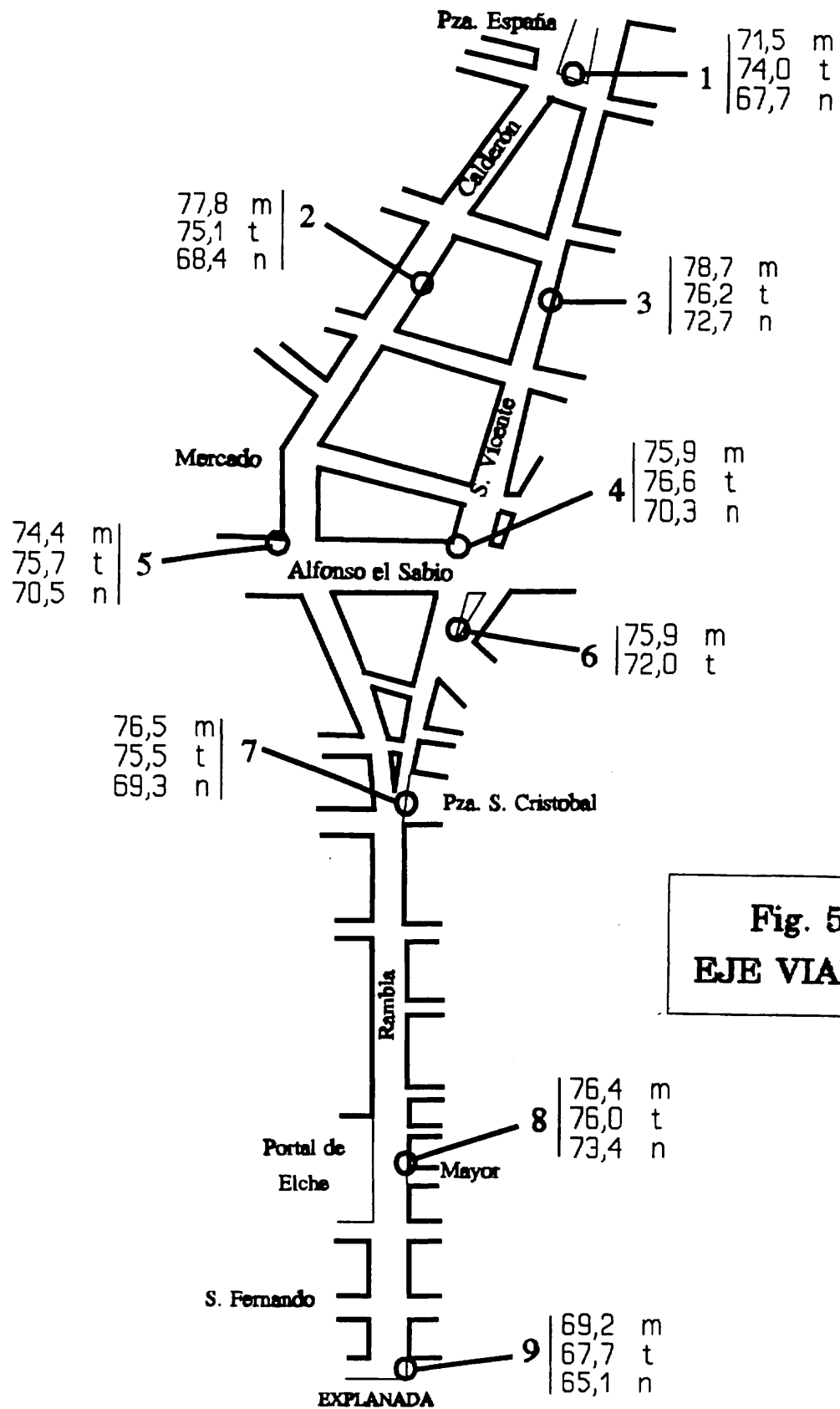


Fig. 5.1.3
EJE VIARIO 3



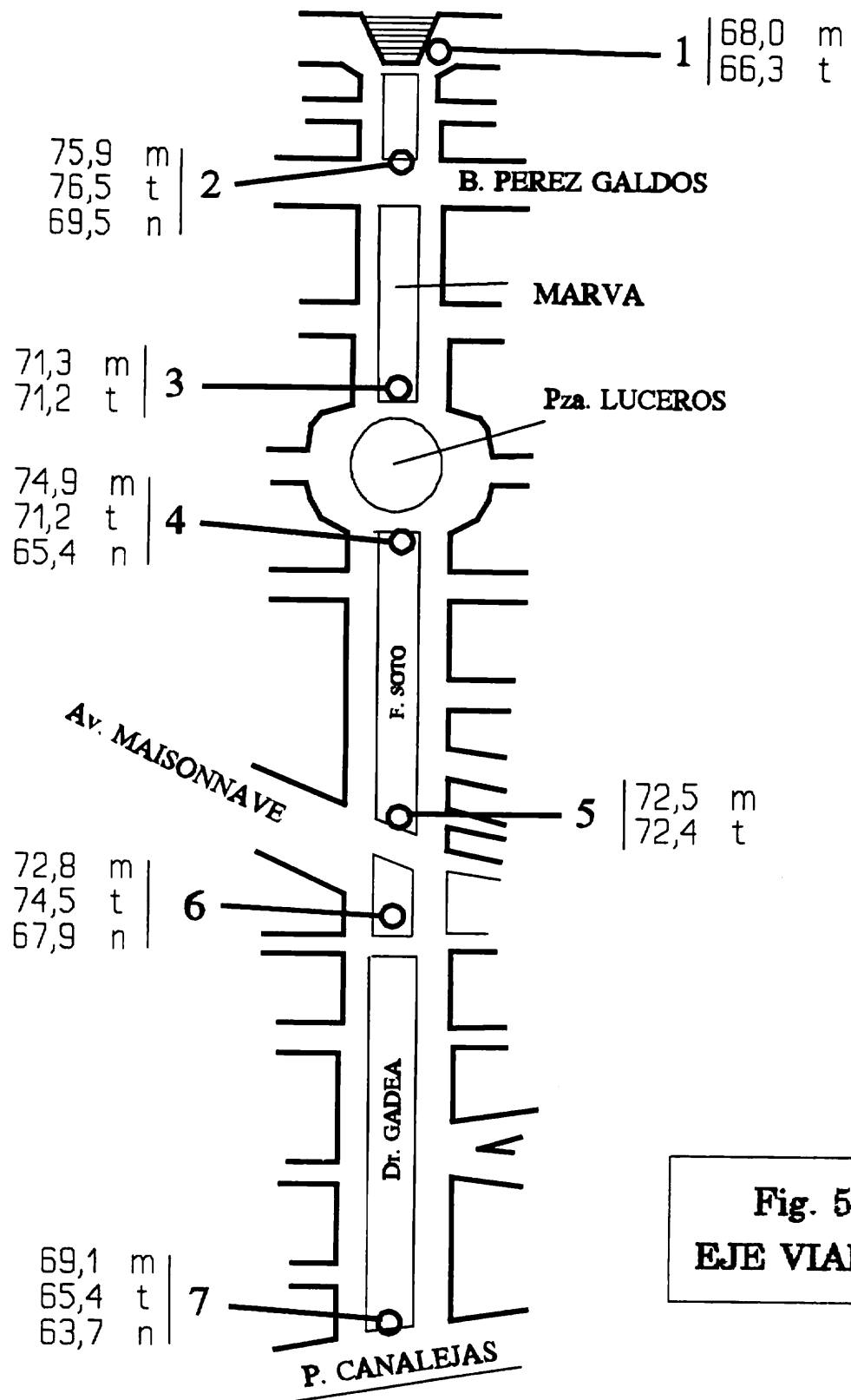


Fig. 5.1.5
EJE VIARIO 5

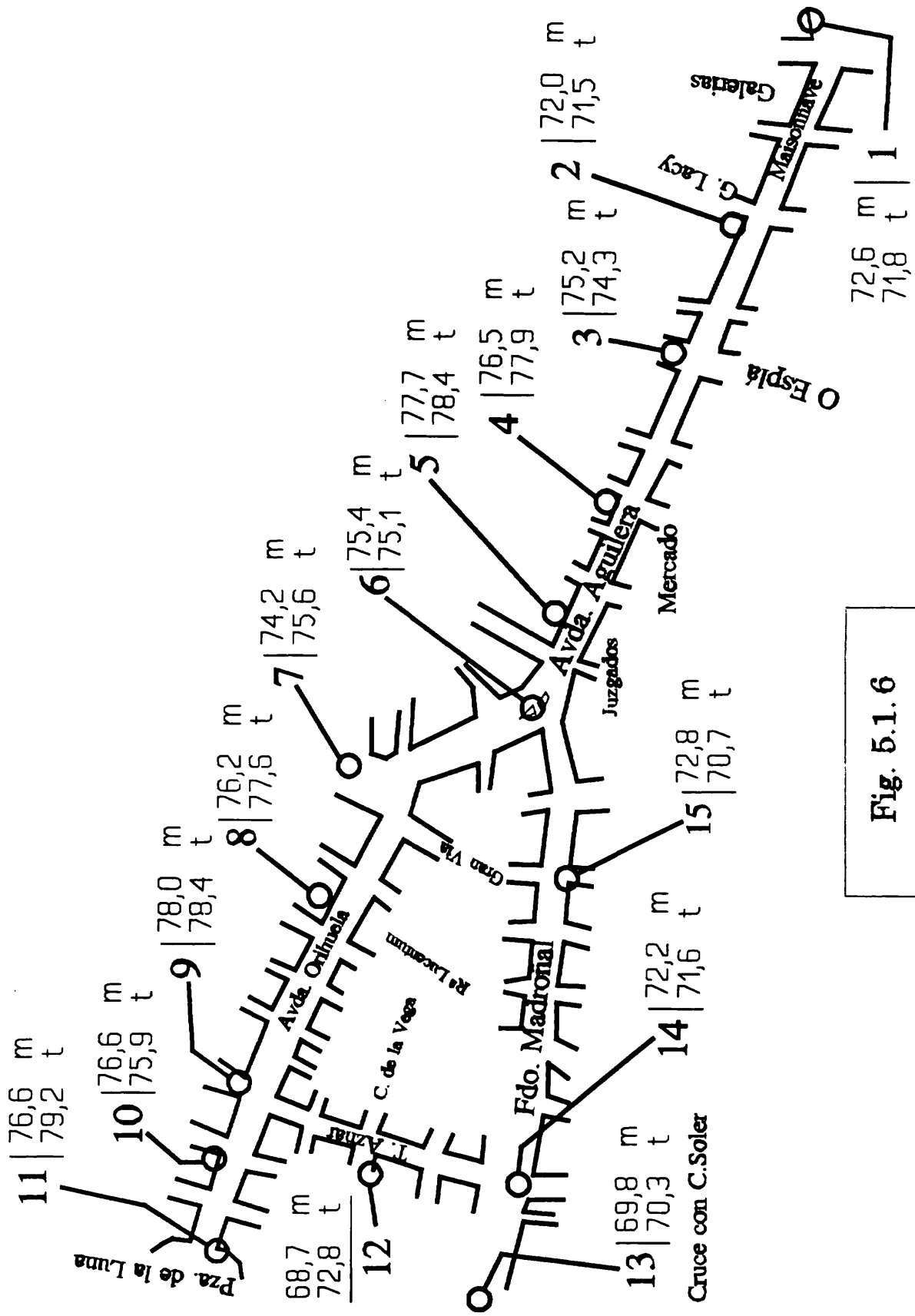


Fig. 5.1.6
EJE VIARIO 6

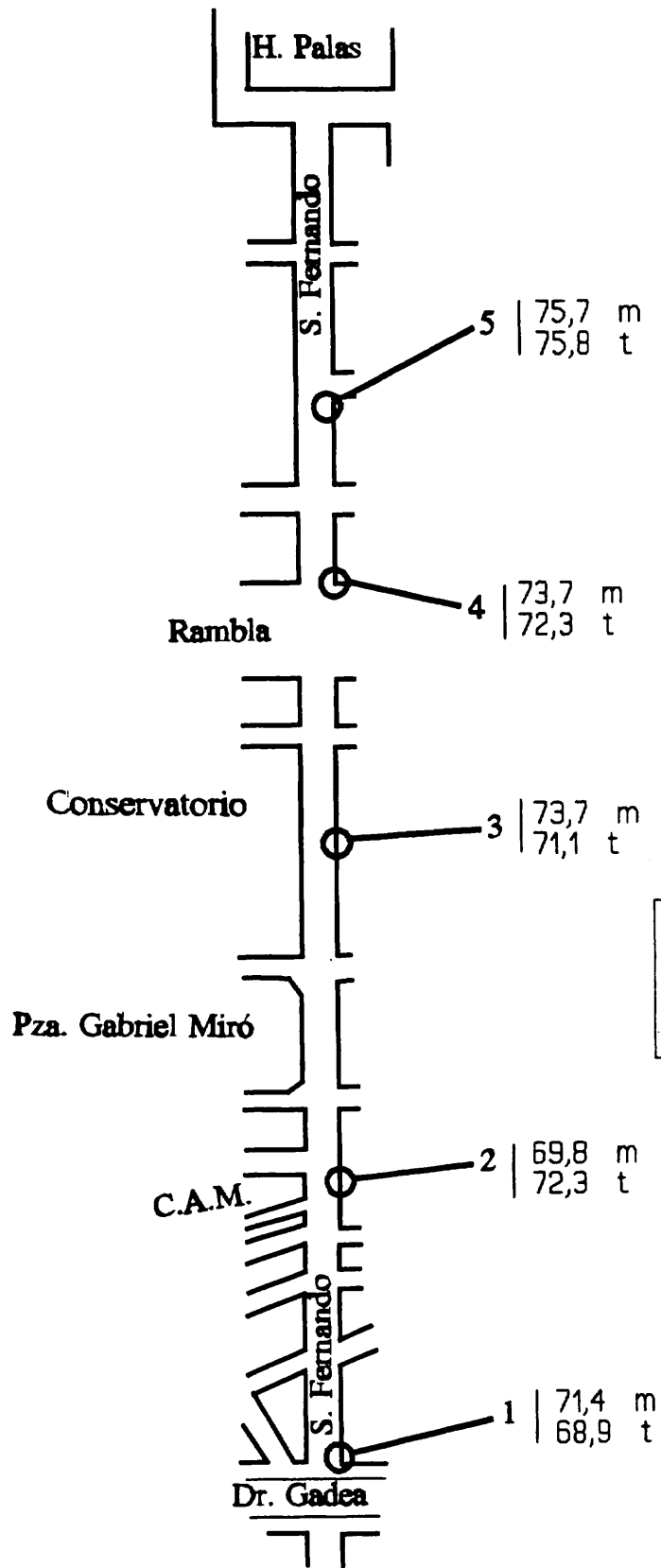


Fig. 5.1.7
EJE VIARIO 7

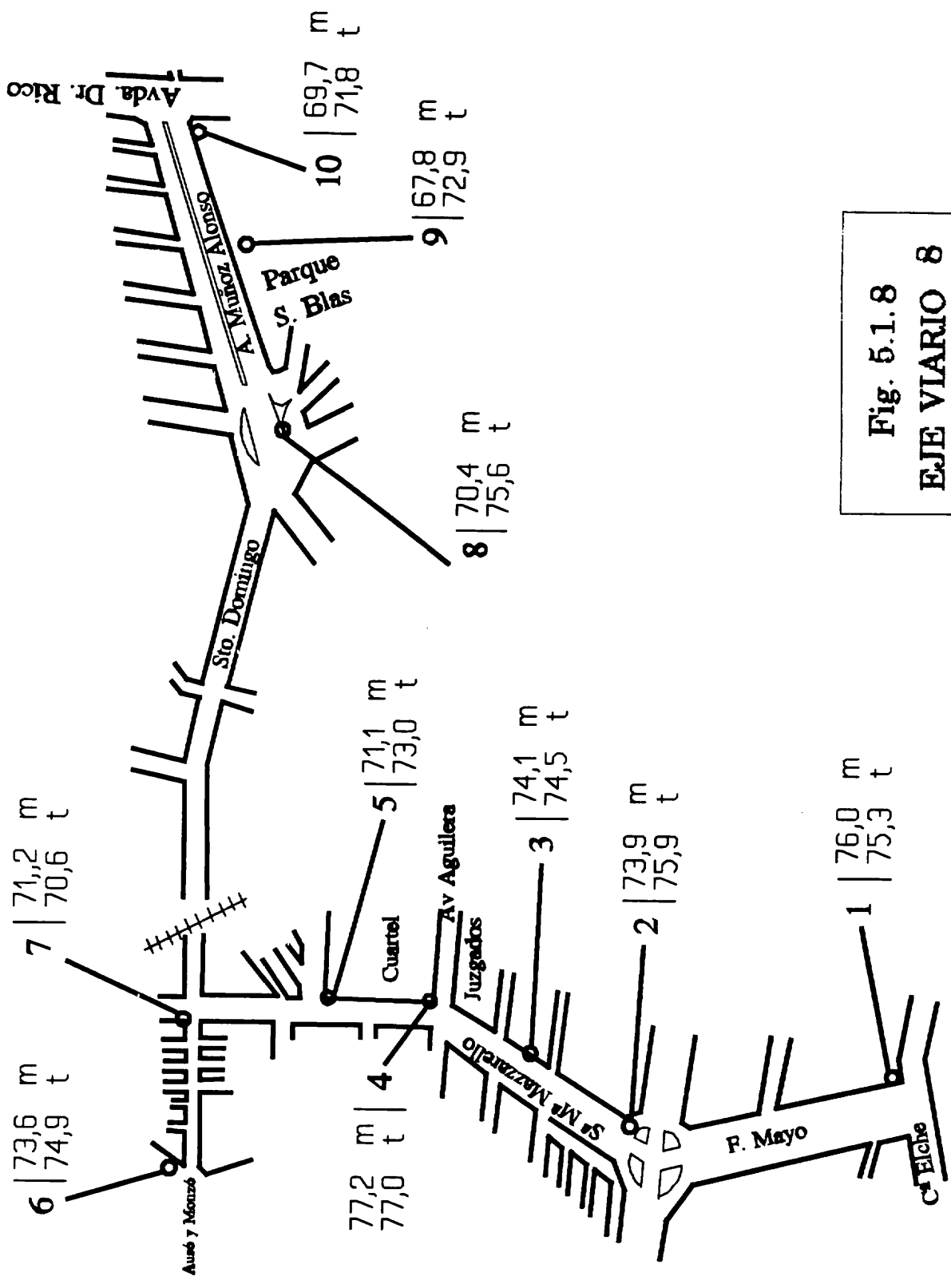


Fig. 5.1.8
EJE VIARIO 8

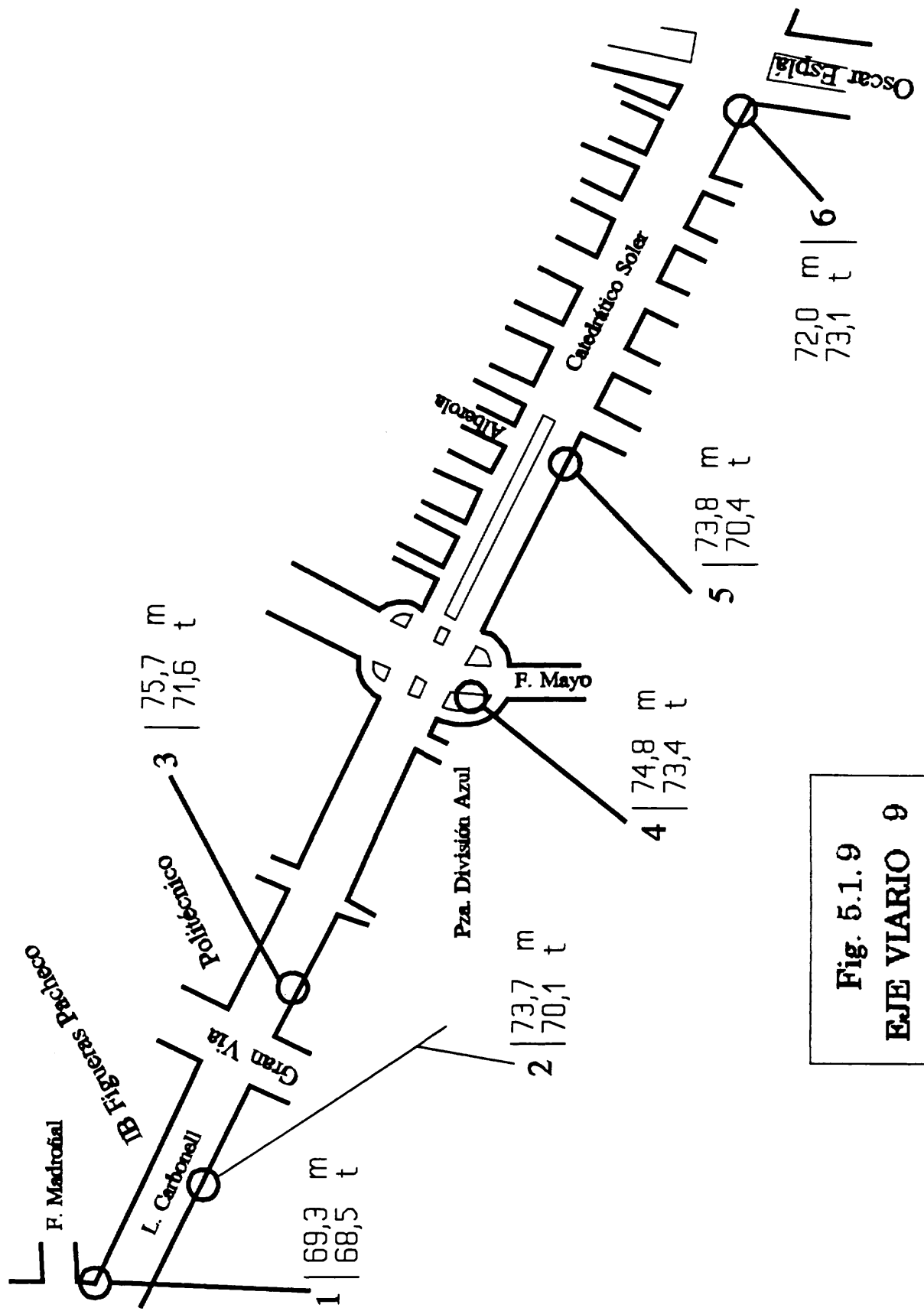


Fig. 5.1.9
EJE VIARIO 9

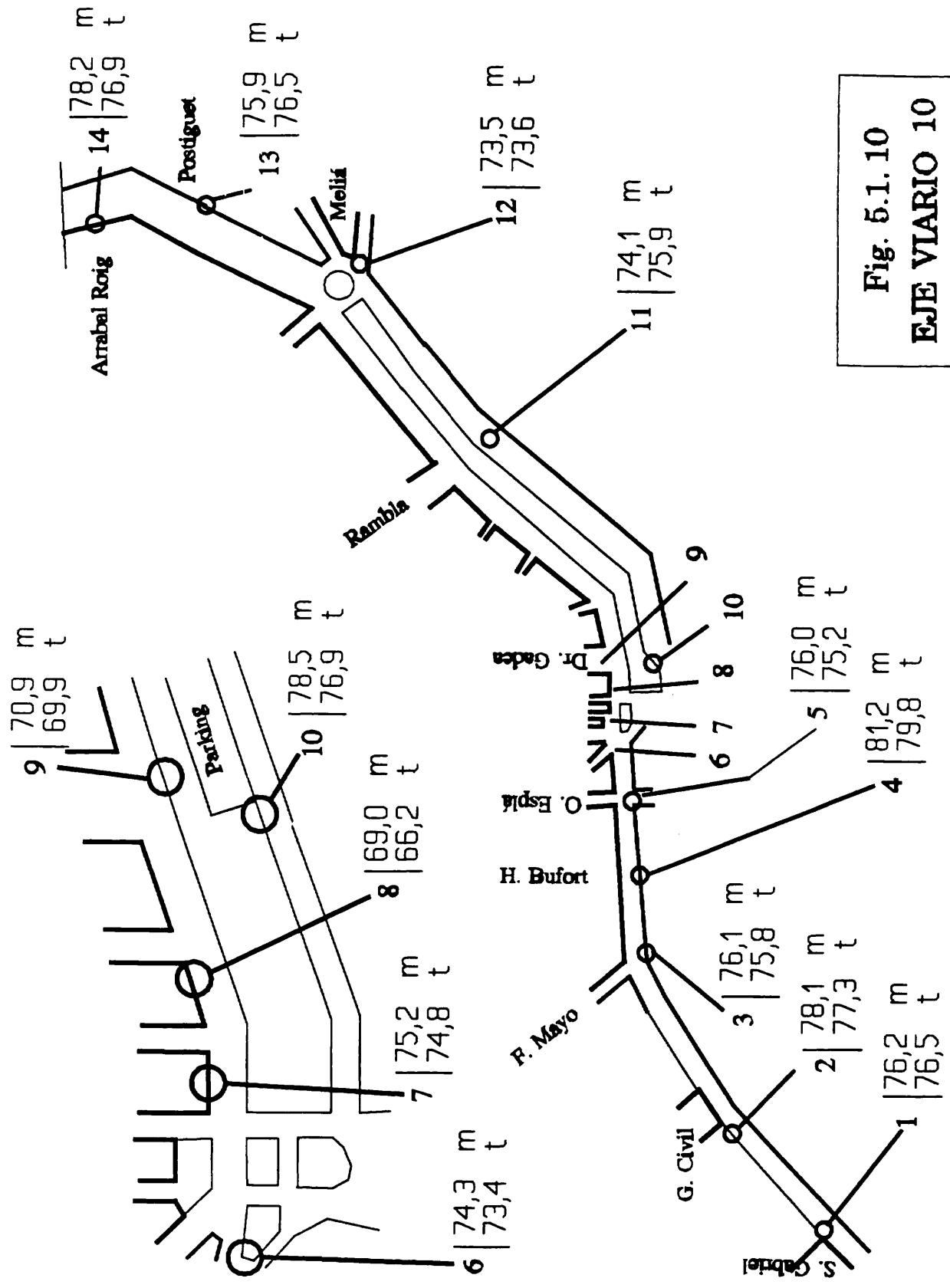


Fig. 5.1.10
EJE VIARIO 10

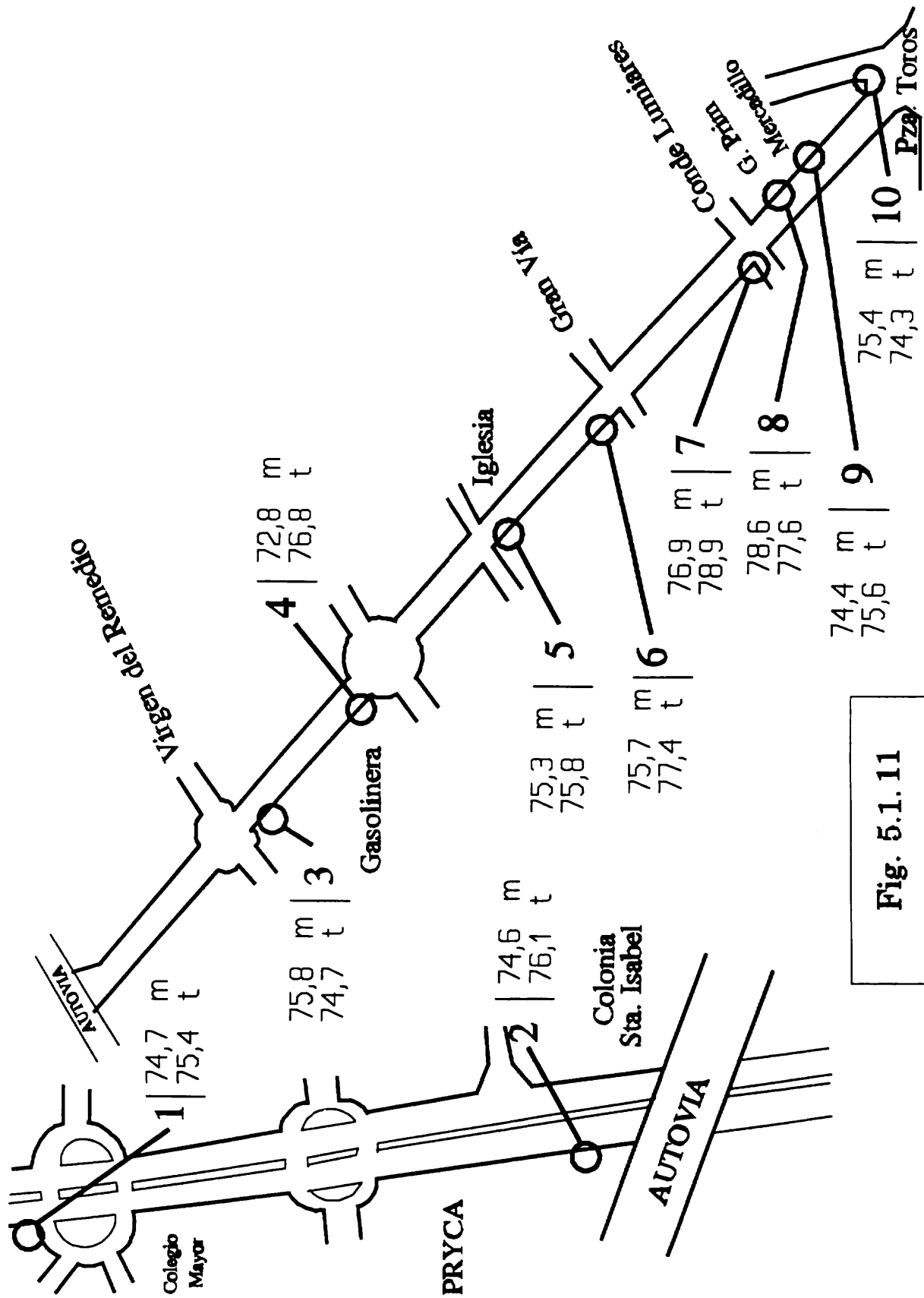


Fig. 5.1.11
EJE VIARIO 11

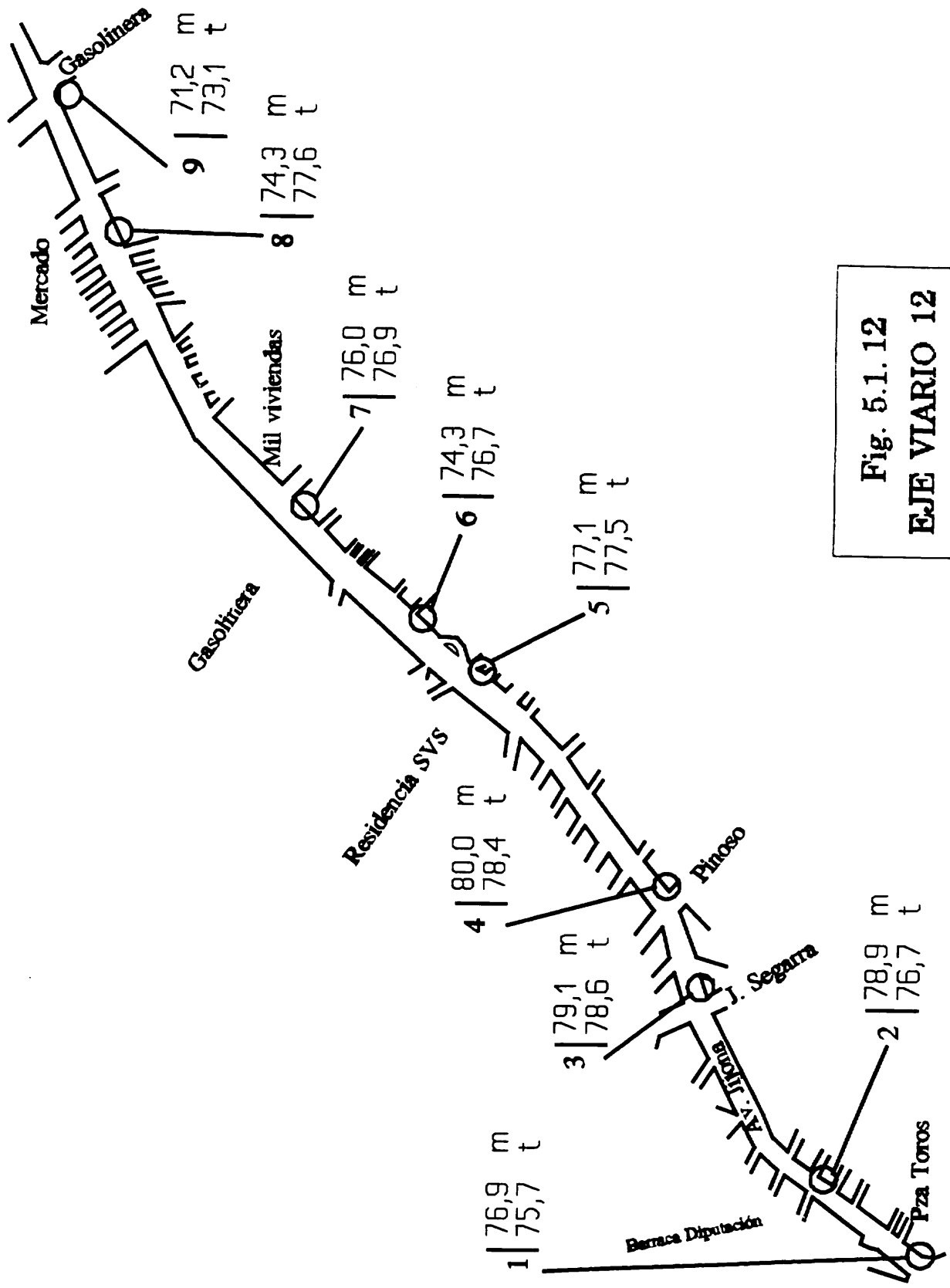


Fig. 5.1.12
EJE VIARIO 12

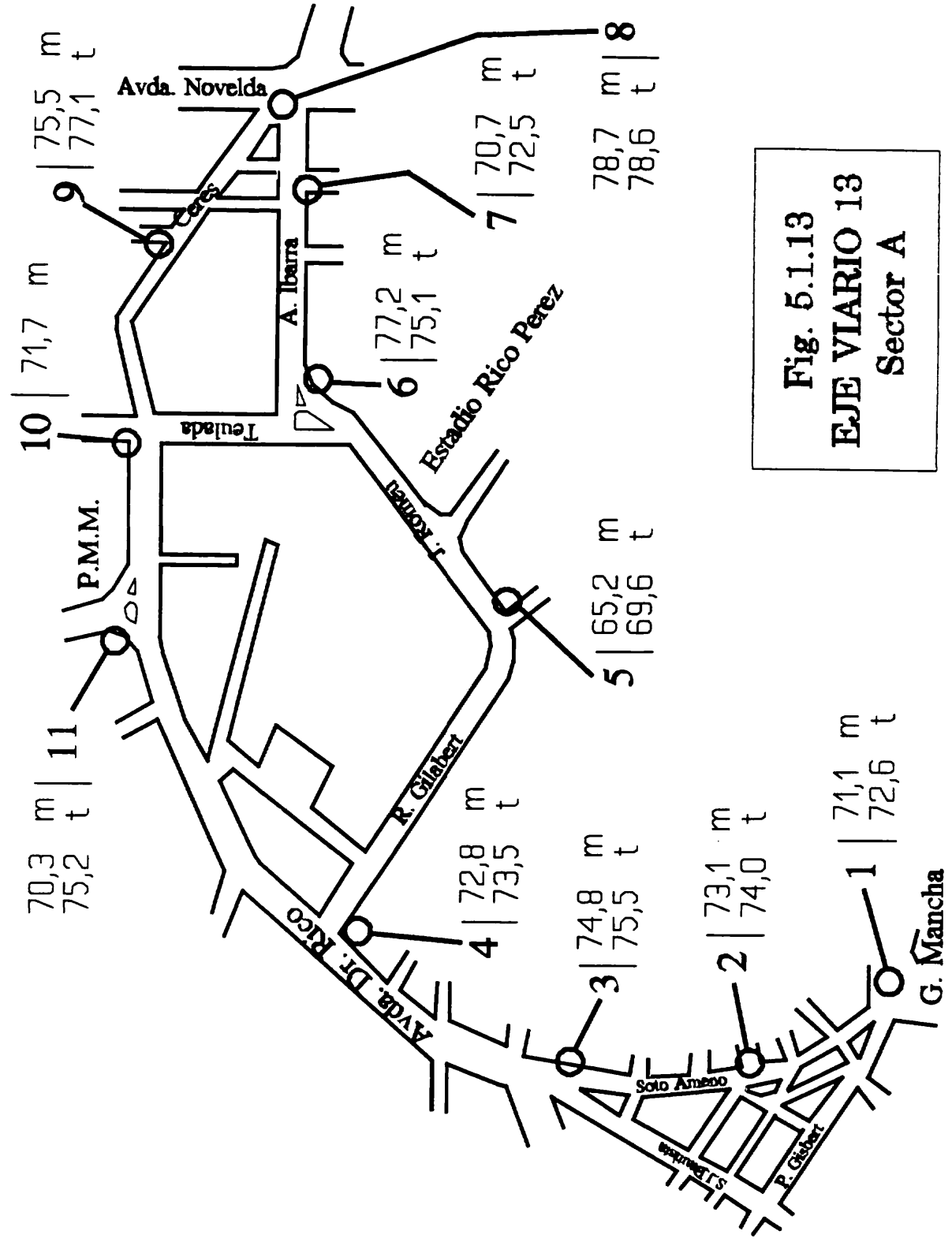


Fig. 5.1.13
EJE VIARIO 13
Sector A

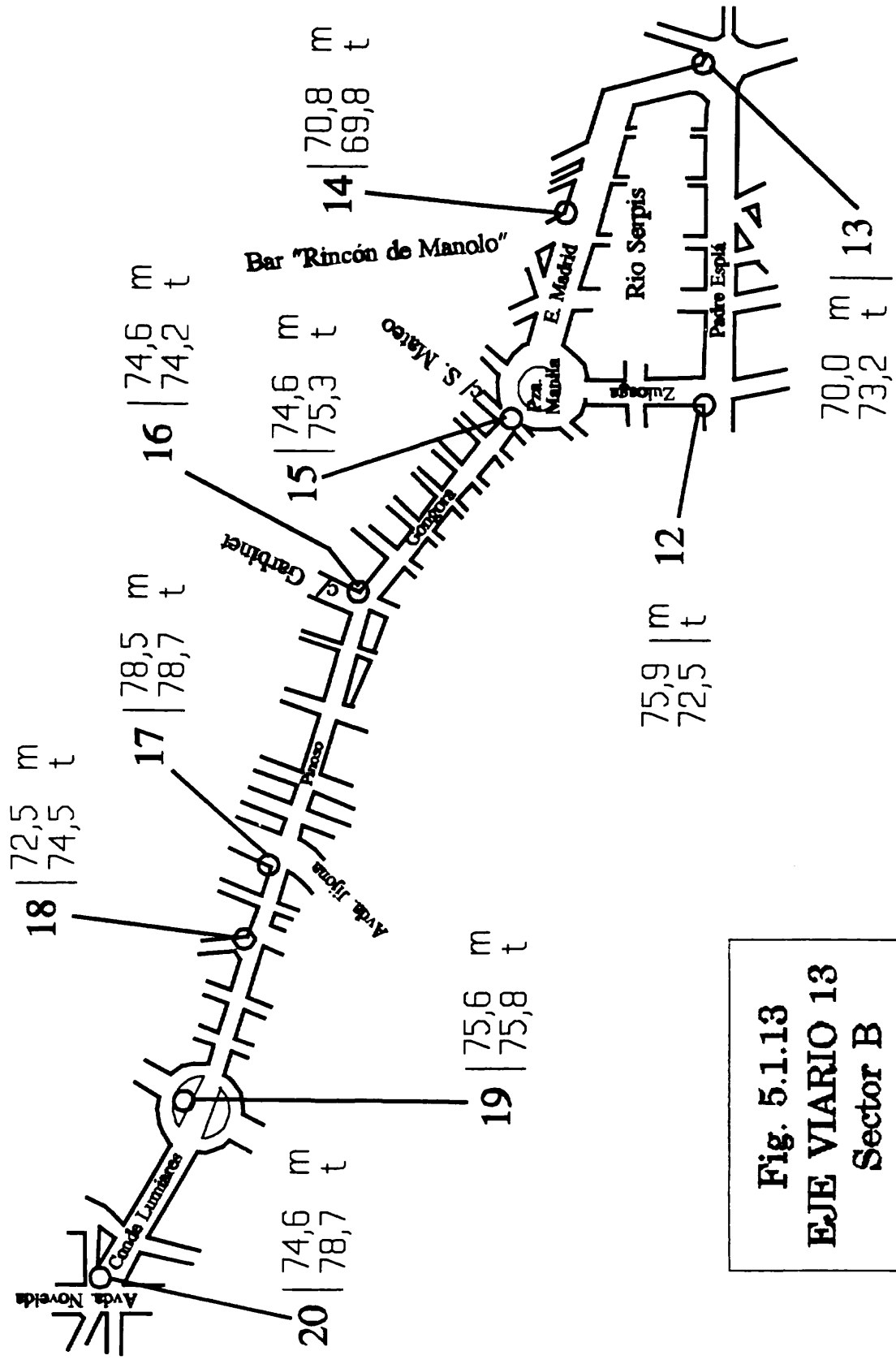


Fig. 5.1.13
EJE VIARIO 13
Sector B

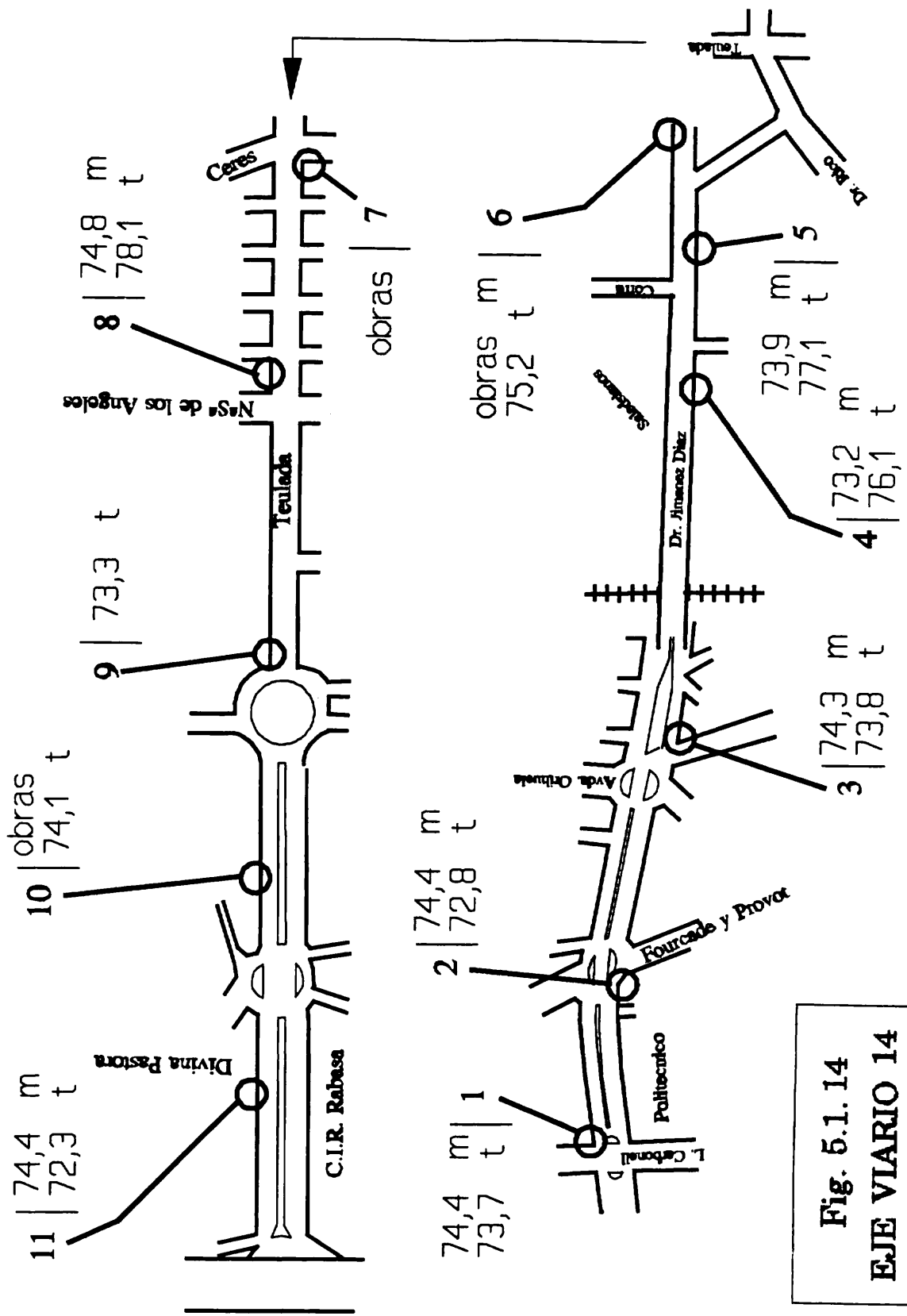


Fig. 5.1. 14
EJE VIARIO 14

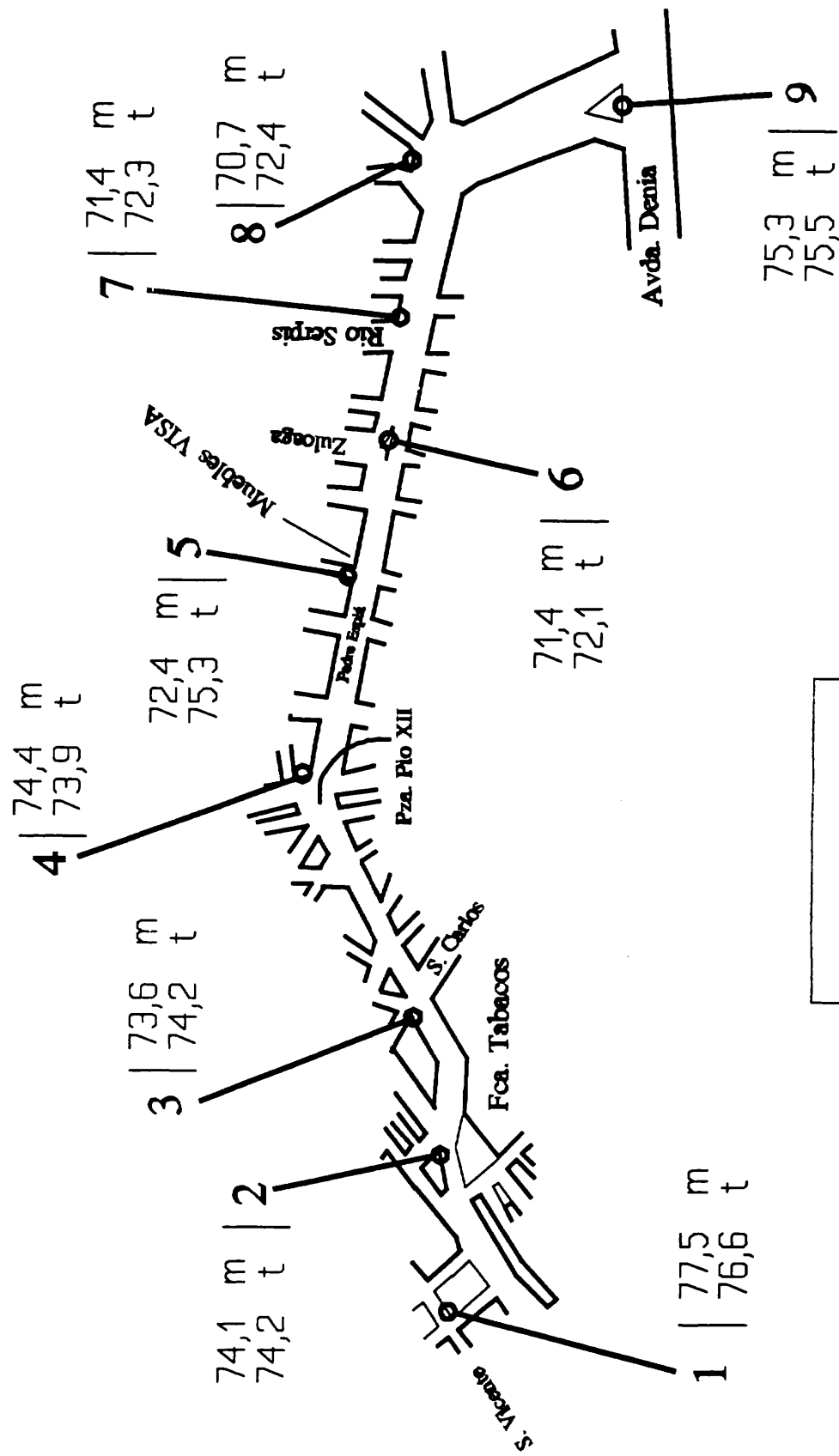


Fig. 5.1. 15
EJE VIARIO 15

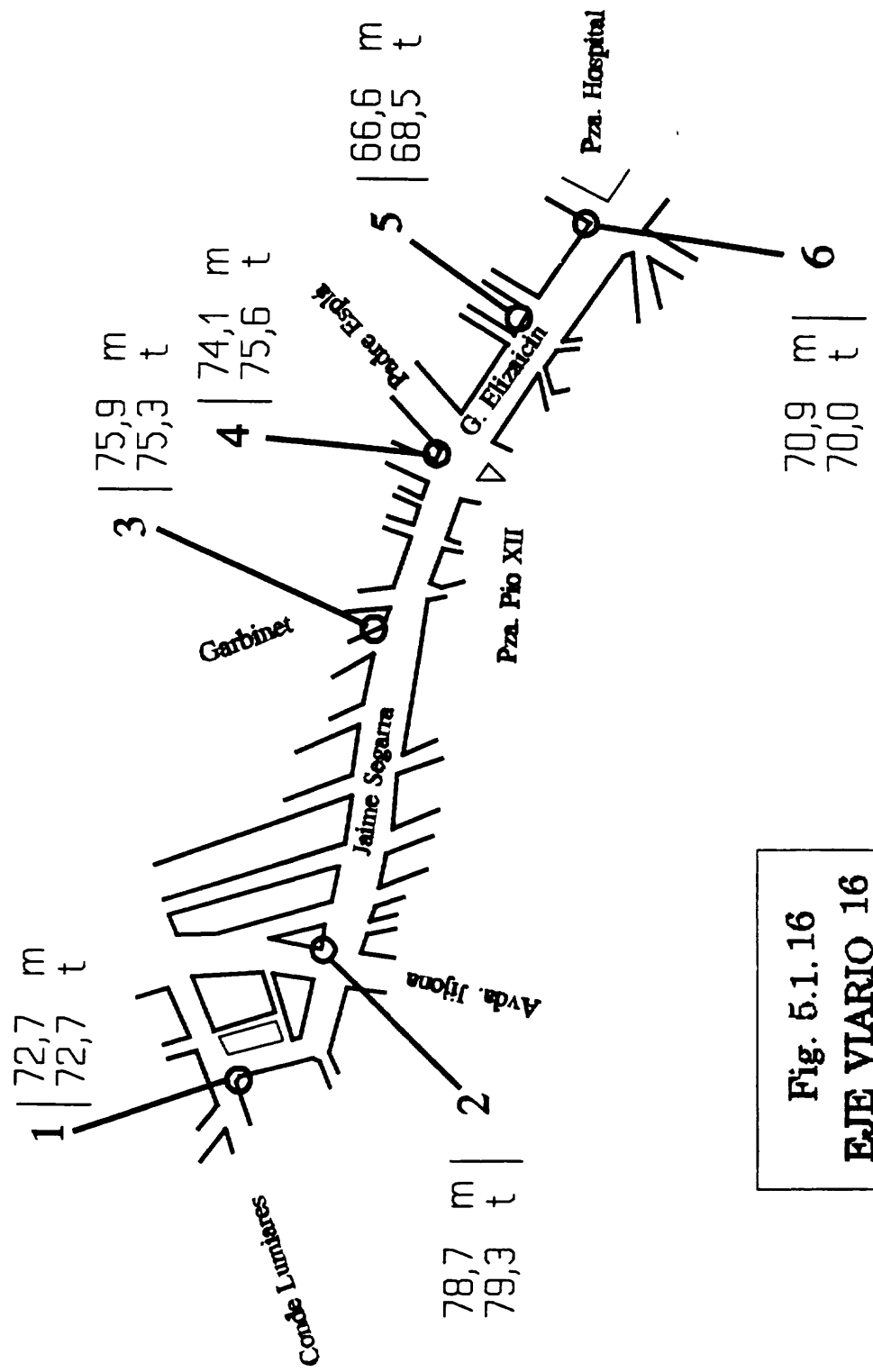


Fig. 5.1.16
EJE VIARIO 16

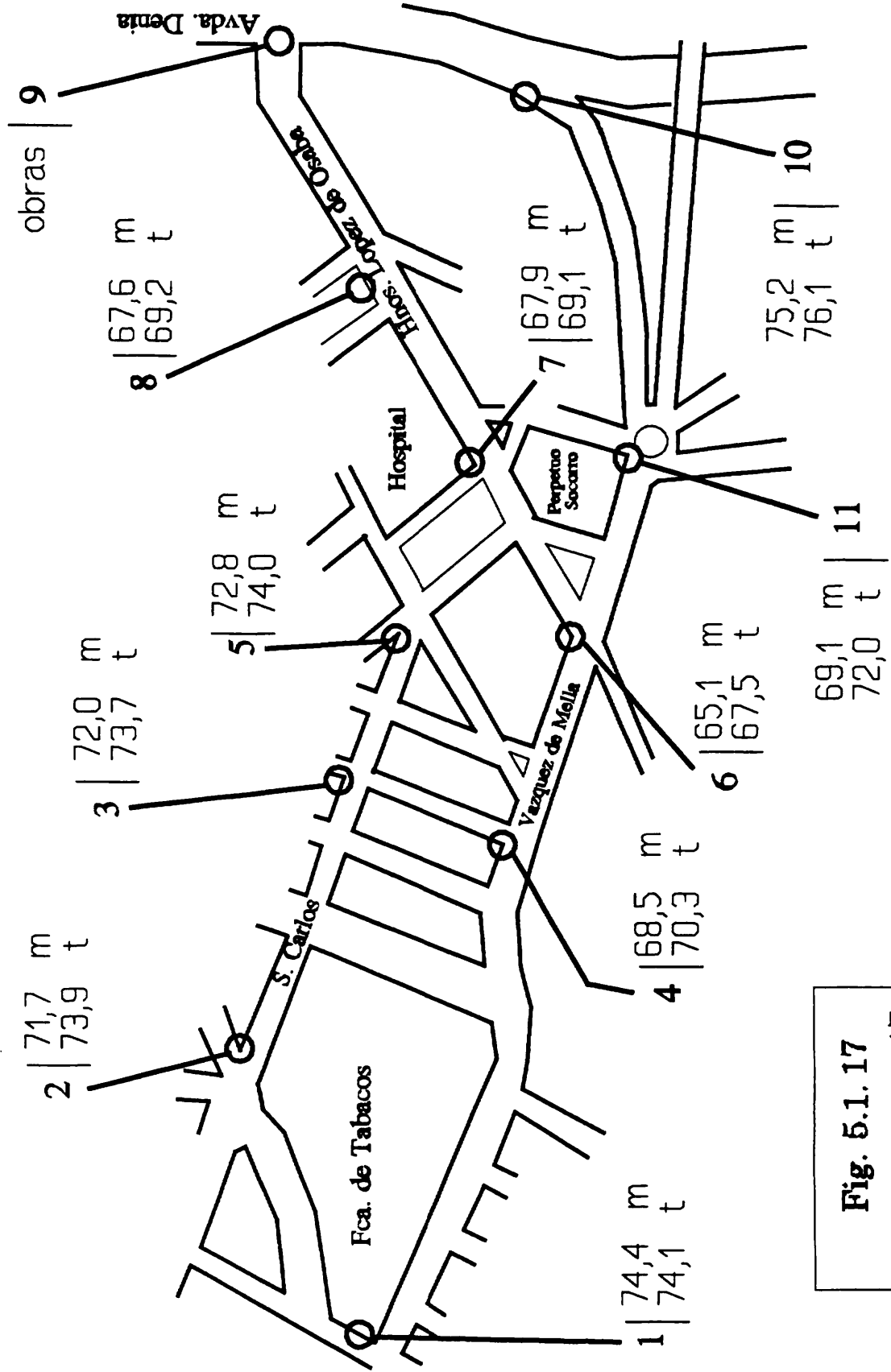


Fig. 5.1.17
EJE VIARIO 17

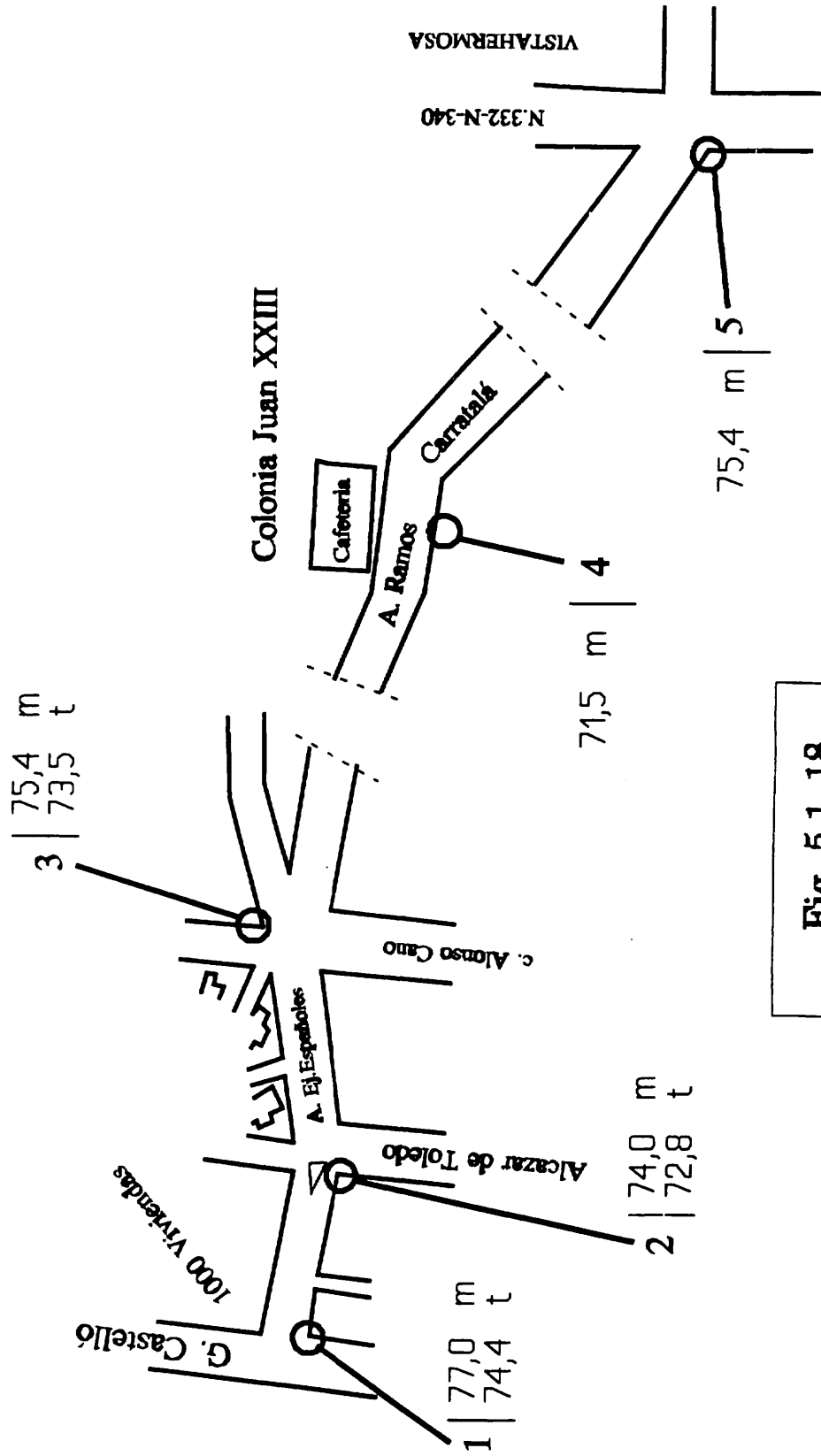


Fig. 5.1. 18
 EJE VIARIO 18

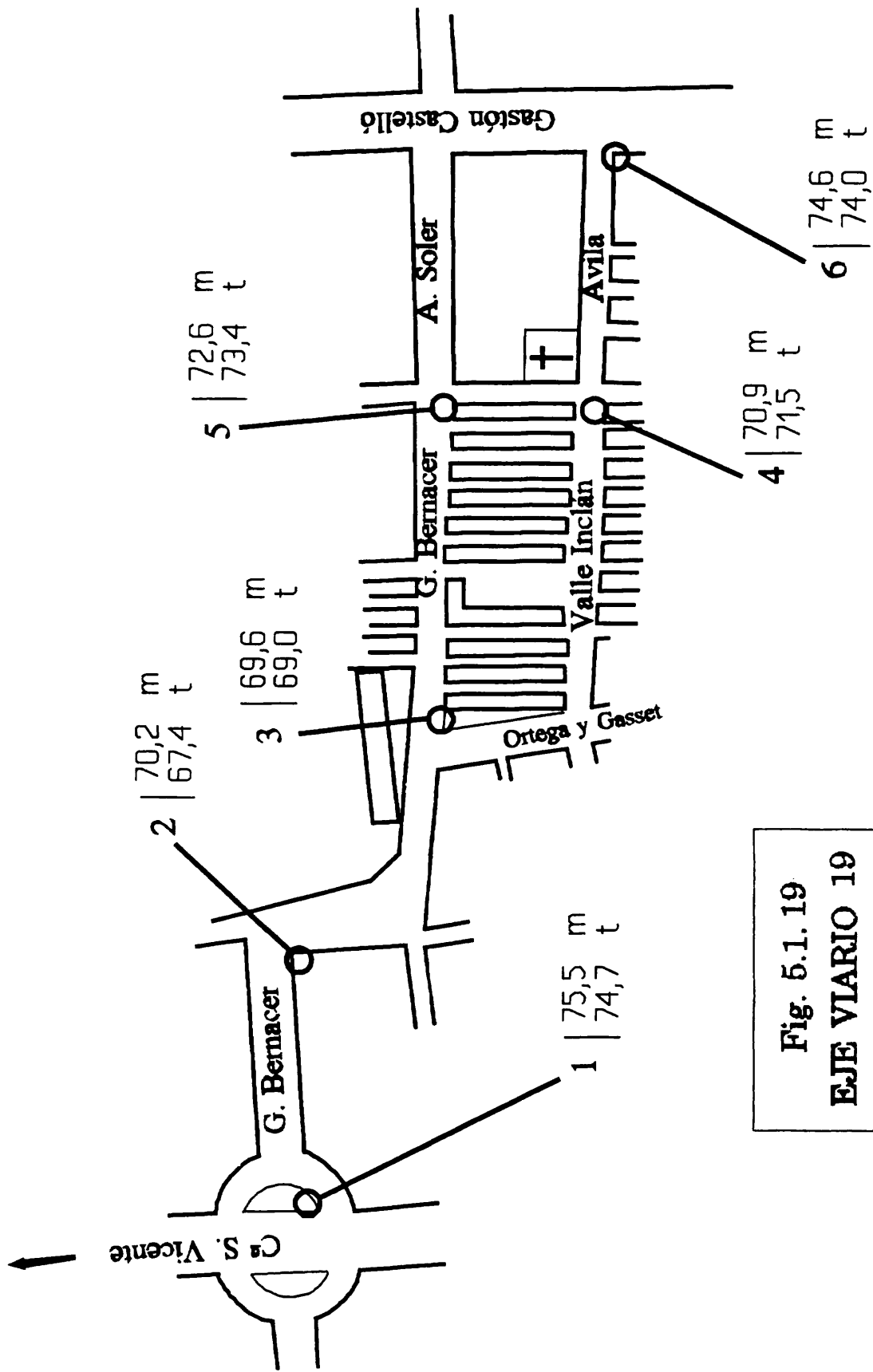


Fig. 5.1. 19
EJE VIARIO 19

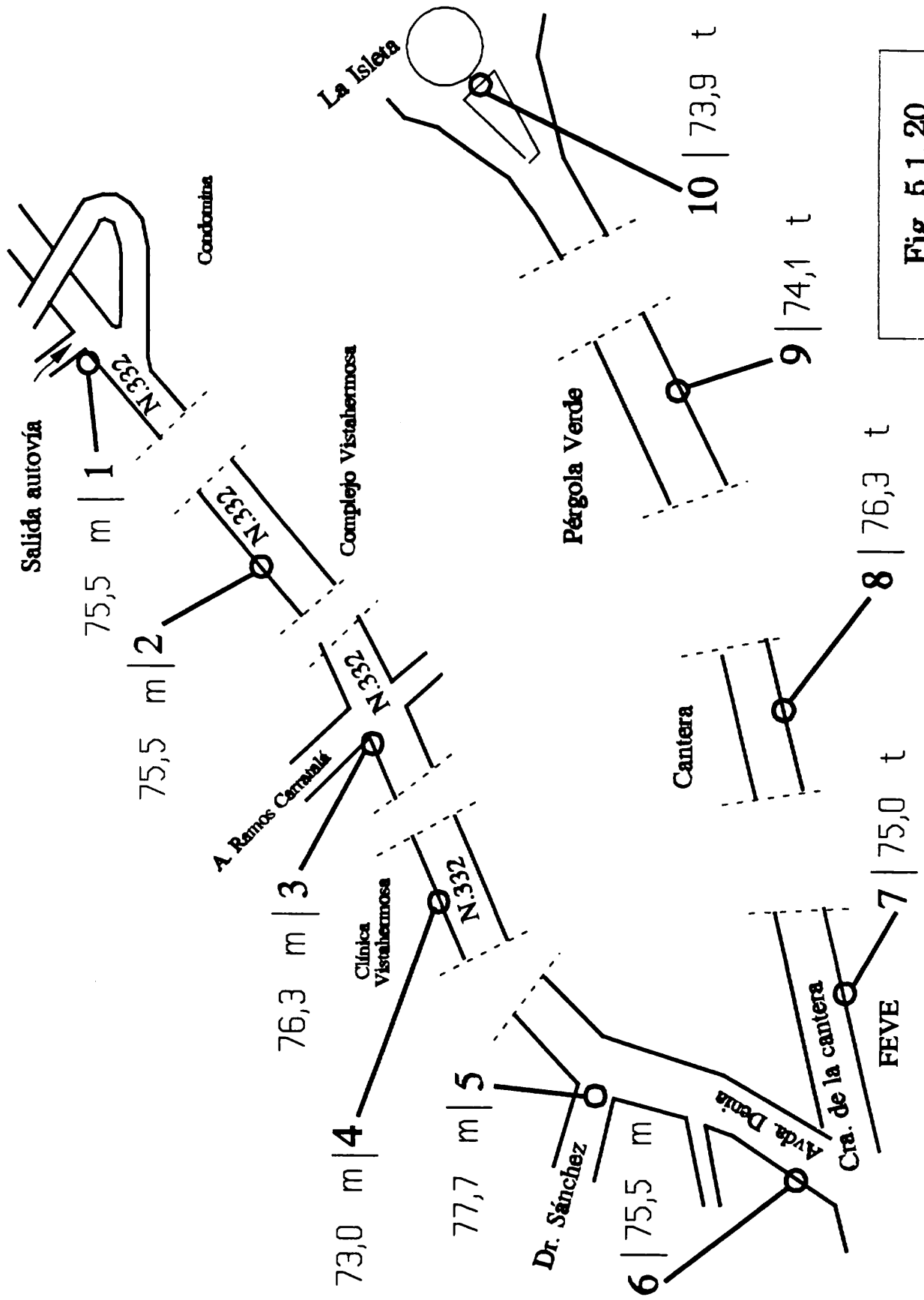


Fig. 5.1.20
EJE VIARIO 20

5.2 Medidas complementarias en zonas entre ejes viarios

En las figuras que se muestran en las páginas que siguen damos los resultados obtenidos en zonas comprendidas entre ejes viarios, y que pueden ser asimiladas a los barrios siguientes:

- Barrio de Benalúa
- Barrios de la Florida, Ciudad de Asís y Babel
- Barrios de S. Blas Alto y S. Blas Bajo
- Barrios de los Angeles, Tómbola y Divina Pastora
- Barrios de Virgen del Remedio, 1000 Viviendas y Juan XXIII
- Barrios del Pla, Hospital y Carolinas

En todos los casos se dan los niveles equivalentes encerrados en un círculo situado sobre el punto concreto donde se hizo la medida. En el mismo gráfico se han añadido las medidas correspondientes a los ejes viarios que atraviesan la zona estudiada, tomando para ello el valor medio logarítmico de todas las medidas realizadas sobre cada punto. Para mayor simplicidad hemos tomado los valores de los niveles equivalentes con dos cifras significativas.

Hemos de advertir que la cartografía utilizada no refleja con exactitud la situación actual de las manzanas de algunas calles, por lo que hemos debido hacer las correcciones oportunas.

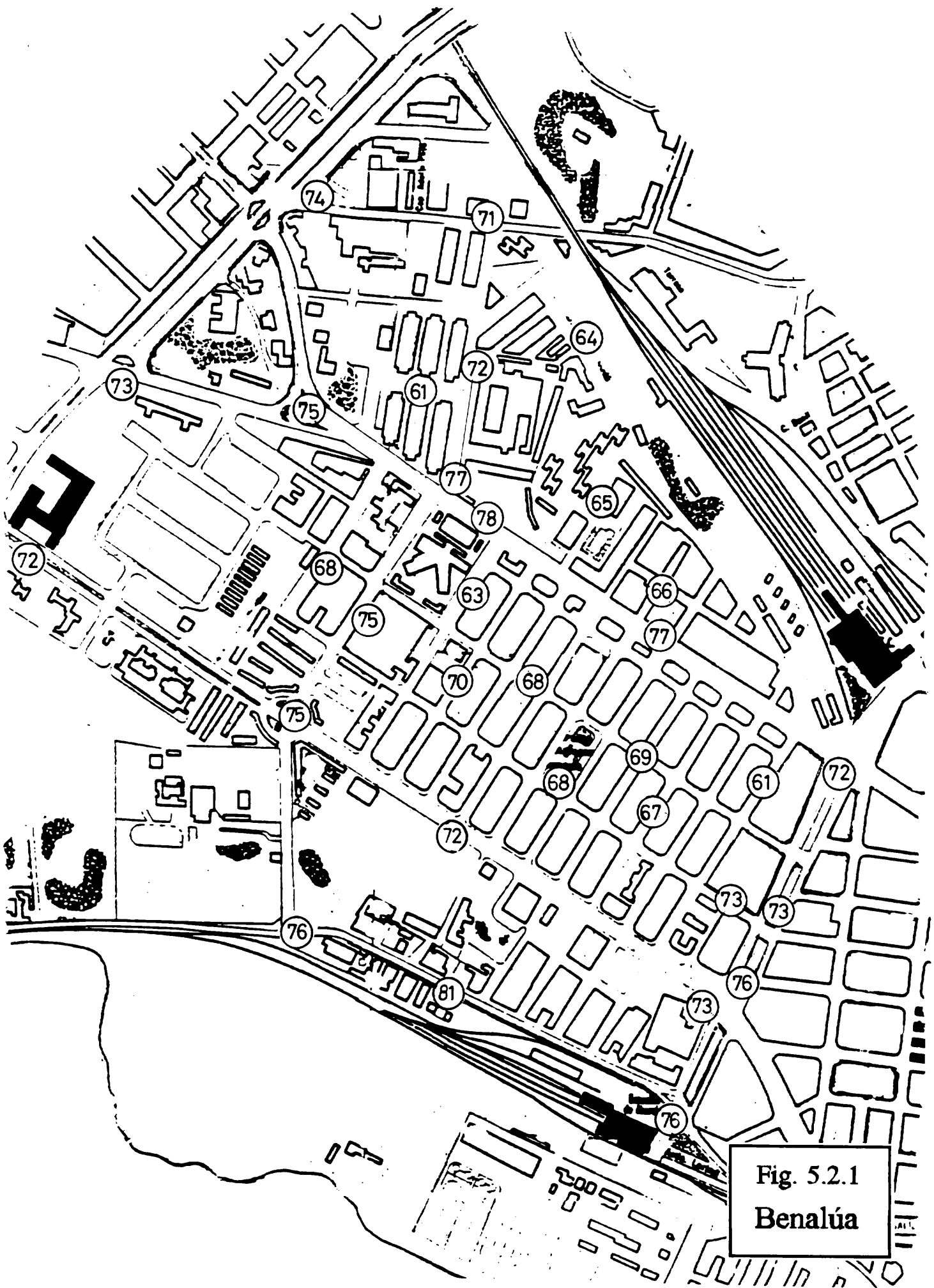


Fig. 5.2.1
Benalúa

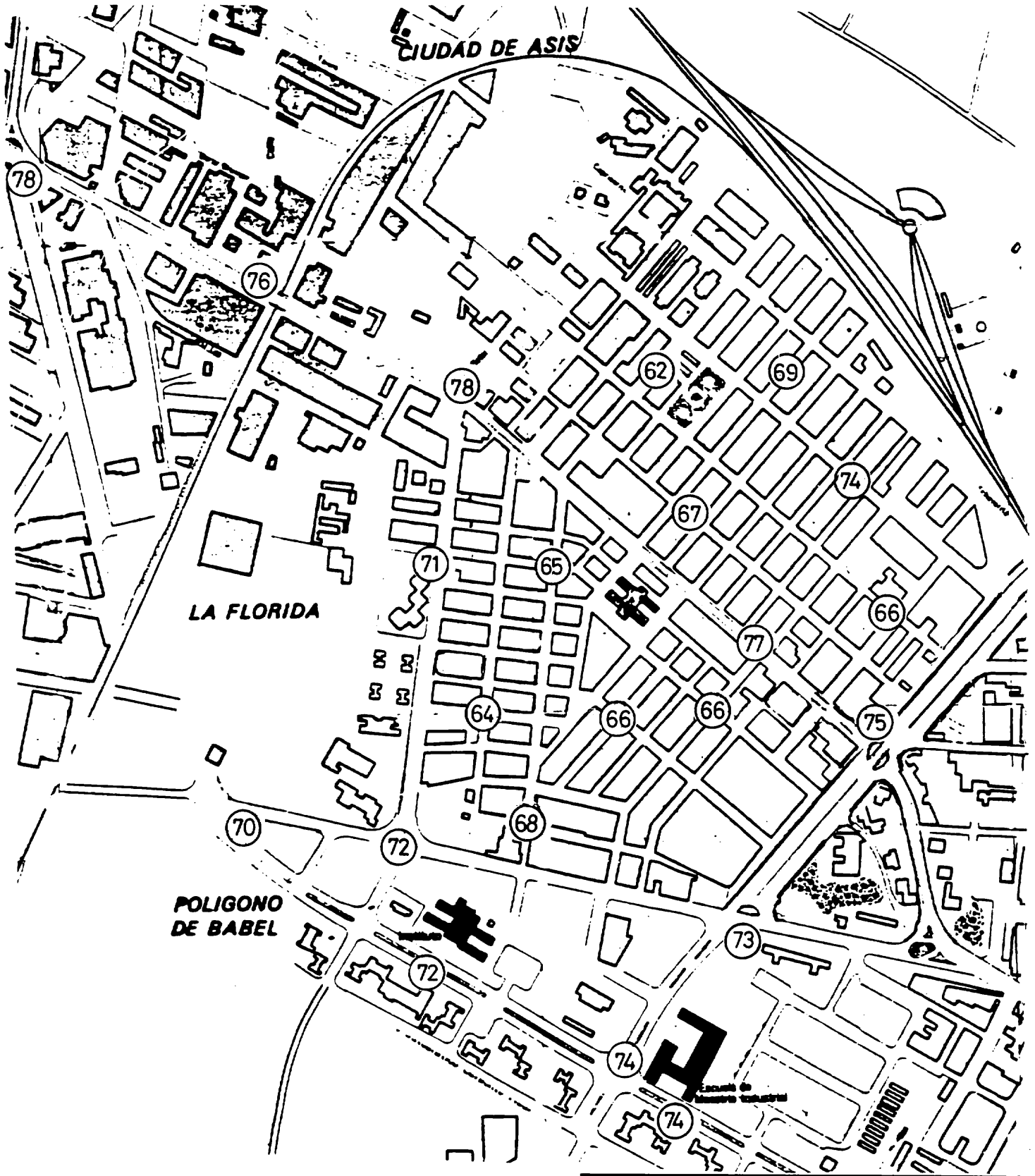


Fig. 5.2.2
La Florida-Ciudad de Asis

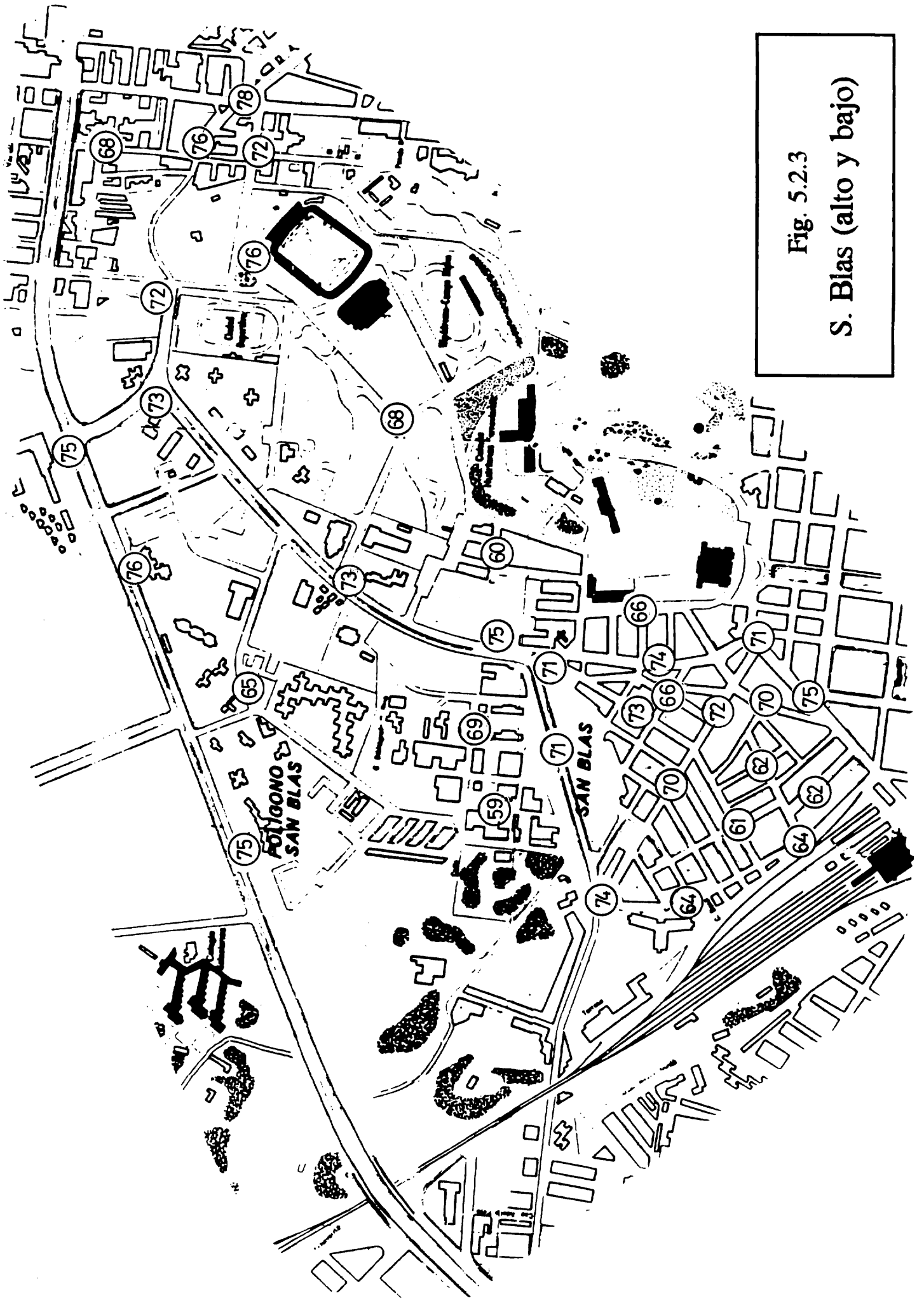


Fig. 5.2.3
S. Blas (alto y bajo)

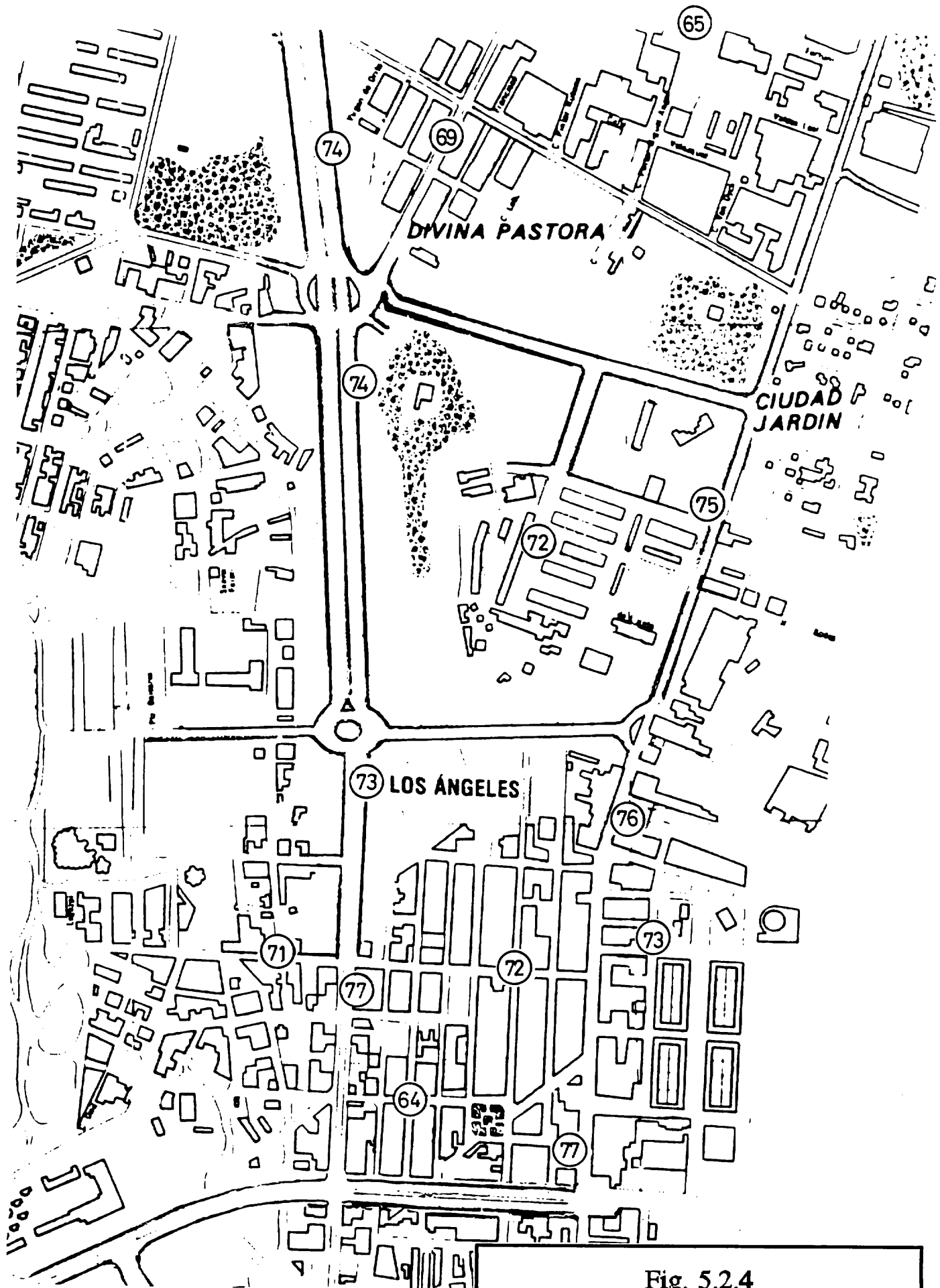


Fig. 5.2.4
Los Angeles-Divina Pastora

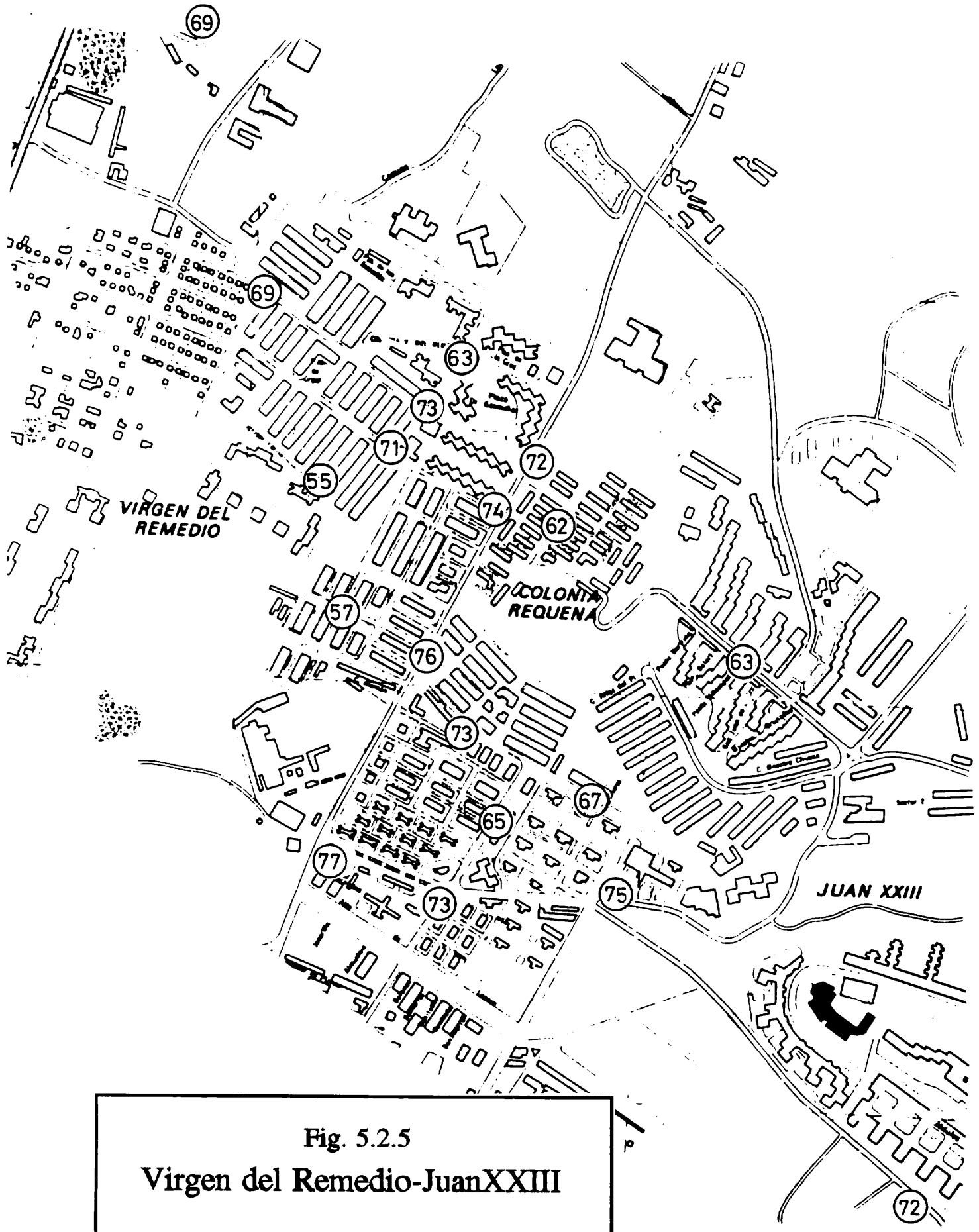


Fig. 5.2.5
Virgen del Remedio-JuanXXIII



Fig. 5.2.6
Pla-Carolinas

5.3 Medidas en el centro urbano y casco antiguo

Como ya hemos indicado anteriormente, la zona correspondiente al centro de Alicante es donde hemos realizado mayor número de medidas, motivado por la importancia intrínseca de la zona y por ser uno de los lugares donde el problema del ruido se está viviendo actualmente con mayor sensibilidad.

En la **Fig. 5.3.1** se muestran los resultados correspondientes a las medidas diurnas (mañana y tarde) realizadas, mientras que en la **Fig. 5.3.2** se ofrecen los resultados de las medidas nocturnas. En esta última figura al lado de los niveles equivalentes hemos considerado interesante agregar la hora de la medida, ya que ésta va a tener su influencia en los resultados obtenidos, tal como comentaremos en el capítulo siguiente. En los casos en que conste una "S" al lado de la hora se trata de medidas realizadas en un sábado por la noche en lugares donde existen locales de diversión.

En la **Fig. 5.3.3** hemos reunido todos los resultados para obtener una representación global de los niveles existentes en la ciudad de Alicante.

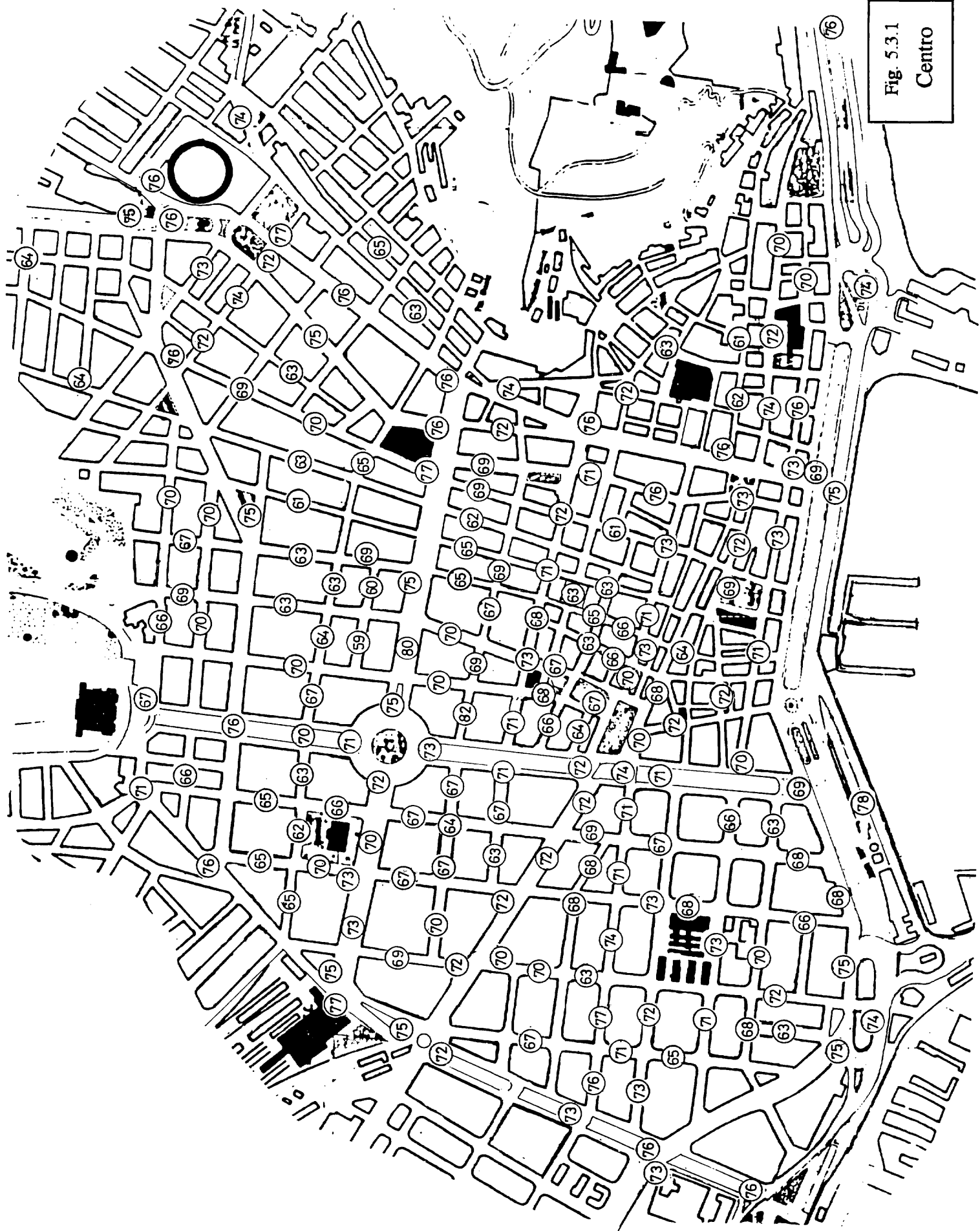


Fig. 5.3.1
Centro

6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación comentaremos los resultados obtenidos y que hemos presentado en el capítulo anterior. En primer lugar hablaremos sobre los niveles medidos en los ejes viarios y zonas colindantes, exceptuando la zona centro. A continuación analizaremos los niveles en toda la zona centro y casco antiguo. Y por último, comentaremos el comportamiento de la ciudad de Alicante en conjunto, desde el punto de vista de los ruidos ambientales.

6.1 Niveles en los ejes viarios y en los barrios colindantes

6.1.1 Barrio de Benalúa (Fig. 5.2.1)

La zona se halla atravesada por cuatro ejes viarios de alto nivel sonoro: Carretera de Elche, Catedrático Soler-Lorenzo Carbonell, Avda. Aguilera y Gran Vía. El nivel más alto, en valor absoluto, de todos los medidos en la ciudad ha sido el registrado en la Carretera de Elche, frente a Harinas Bufort, con un valor de 81 dB(A). La explicación está en que los vehículos circulan por allí a gran velocidad (70-80 km/h) y además se produce un cierto efecto cañón por la estrechez de la vía y la altura de los edificios. En conjunto, el eje Avda. Aguilera es el más ruidoso, con niveles mínimos de 75 dB(A) y de hasta 80 dB(A) en su mayor parte. Las zonas entre ejes son "islas" acústicas en relación

a los niveles de aquellos, salvo algunas excepciones: nivel de 72 dB(A) en la Plaza de Alipark y los 70 dB(A) de la calle Capitán Demá, algo superior a los valores de las calles de su entorno.

A señalar que la proximidad de las vías del ferrocarril no implica un nivel más alto que otras zonas cercanas.

6.1.2 Barrios de La Florida, Babel y Ciudad de Asís (fig. 5.2.2)

Los ejes viarios son muy ruidosos por corresponder a carreteras de entrada-salida a Alicante, y sus niveles son superiores a 75 dB(A). A destacar el elevado nivel de una calle de la Florida, Cefeo, que con 72 dB(A) es mucho más elevado que el resto del barrio. La explicación es que esta calle sirve de vía de acceso principal hacia Ciudad de Asís y es base de la línea de autobús. Su estrechez contribuye a incrementar el nivel del resto de focos sonoros.

6.1.3 S. Blas Alto y S. Blas Bajo (Fig. 5.2.3)

Hay dos tipos de resultados de acuerdo con las dos zonas en que se divide claramente el barrio. S. Blas Bajo es la parte más antigua, con calles muy estrechas y no demasiada altas. Los niveles son bajos salvo en Pintor Gisbert y S. Juan Bautista, que superan los 70 dB(A). Estas dos calles canalizan todo el tráfico que, procedente del norte de Alicante desde la Autovía se dirigen hacia el centro. Los grandes espacios abiertos de S. Blas Alto hacen que los niveles se mantengan del orden de 65 dB(A) o menos.

6.1.4 Barrios de Los Angeles, Tombola y Divina Pastora (Fig. 5.2.4)

En las zonas donde se han realizado medidas los niveles no son demasiado bajos. Es particularmente elevado el valor del nivel sonoro en el Barrio Tómbola (calle Virgen del Puig), originado en la relativamente elevada circulación de coches y autobuses. También es de destacar el elevado nivel de las calles situadas frente a los Angeles y al otro lado de Avda. Novelda. En nuestras medidas ese nivel es atribuible de forma casi exclusiva al paso de pequeñas motos con el escape "desajustado".

6.1.5 Barrios de Virgen del Remedio y Juan XXIII (Fig. 5.2.5)

Virgen del Remedio hay que considerarlo un barrio con niveles elevados, sobre todo en las zonas colindantes con Gastón Castelló. La especial disposición de los bloques (perpendiculares a G. Castelló) hace que los ruidos de ésta se propaguen bastante hacia dentro del barrio. Esta situación se da también en la Colonia Requena. Por el contrario, la zona situada encima del parque Lo Morant es extraordinariamente tranquila. Los niveles allí medidos son de los más bajos que nos hemos encontrado. También tiene niveles bajos la parte de Juan XXIII donde hemos medido, a pesar de que tiene todas las circunstancias en su contra: calle en pendiente, paso de autobuses urbanos, muchos comercios y tiendas,...

6.1.6 Barrios del Pla y Carolinas (Fig. 5.2.6)

Como era de esperar por su topografía urbana, estos barrios son

relativamente ruidosos. Atravesados por ejes viarios de importancia, pocas zonas quedan libres de la influencia acústica del tráfico que circula por ellos. A destacar el fuerte entorno de niveles de ruido que existe alrededor de la Residencia del Servei Valencià de Salut (SVS), que se verá agravado con la puesta en funcionamiento del tramo de la Gran Vía Avda. Novelda-Maestro Alonso. Desgraciadamente, la ocupación de los espacios próximos impide establecer una zona tampón que rodee la Residencia.

6.2 Niveles sonoros en el centro urbano y casco antiguo

Como ya hemos indicado anteriormente, el centro es la zona en la que disponemos del mayor número de medidas. Con respecto a las medidas diurnas (**Fig. 5.3.1**), en las vía principales niveles del orden de 75 dB(A) son corrientes, y los valores habituales de calles secundarias están comprendidos entre 65 y 70 dB(A). Existen pocos lugares donde los niveles sean menores de 65 dB(A): Detrás de la catedral de S. Nicolás, calle Castaños (parte peatonal), zona detrás de la Torre de los Representantes, barrio S. Antón, calles entre Magistral Segura y Pablo Iglesias,... Como resumen general podríamos decir que el centro no da los niveles más elevados registrados a escala de la ciudad, pero sí que tiene un elevado nivel medio en todas sus zonas.

Las medidas nocturnas (**Fig. 5.3.2**) nos permiten hacer varias consideraciones: En primer lugar, los niveles no empiezan a bajar hasta bastante después de las 22.00 horas, hora de referencia para el establecimiento de los índices de molestia día-noche. Algunas de las medidas que hemos realizado alrededor de las 23.00 o las 24.00 horas dan niveles no muy diferentes de los diurnos. En segundo lugar, las medidas nocturnas realizadas en los lugares donde hay locales de diversión muestran unos niveles excesivamente grandes: 83 dB(A) a la una de la madrugada en la calle S. Fernando es algo difícil de admitir. Este valor es el máximo absoluto de

todas las medidas que hemos realizado. Y no es ruido de tráfico.

6.3 Niveles sonoros globales en la ciudad

Para tener una idea global de los niveles sonoros equivalentes de la ciudad de Alicante en su conjunto, en la **Fig. 5.3.3** se representan los mismos utilizando un código de colores que sigue las directrices de la Norma DIN correspondiente.

Para tener un criterio cuantitativo de los niveles medidos, hemos clasificado las calles de acuerdo con el nivel que se muestra en la Fig. 5.3.3 y medido su longitud aproximada con un curvómetro. Los resultados obtenidos se muestran en la **Fig. 5.3.4**. Como puede verse el barrio más tranquilo (en el sentido de que tiene el mayor porcentaje de ruidos inferiores a 65 dB(A)) en su conjunto sería Virgen del Remedio (gracias a la contribución del Parque Lo Morant, tal como dijimos antes).

Ordenando los barrios de acuerdo con el porcentaje de calles cuyo nivel es superior a 70 dB(A), nos quedaría lo siguiente:

- Los Angeles 55 %
- Centro 48 %
- Virgen del Remedio. 47 %
- S. Blas 46 %
- Pla-Carolinas 44 %
- Benalúa 36 %
- Florida-Ciudad de Asís. 29 %

Si consideramos los porcentajes globales de toda la ciudad vemos que un 45 % de las calles se encuentran sometidas a un nivel sonoro equivalente mayor de 70 dB(A).

ALICANTE 1992

Valores globales de niveles equivalentes en dB(A)

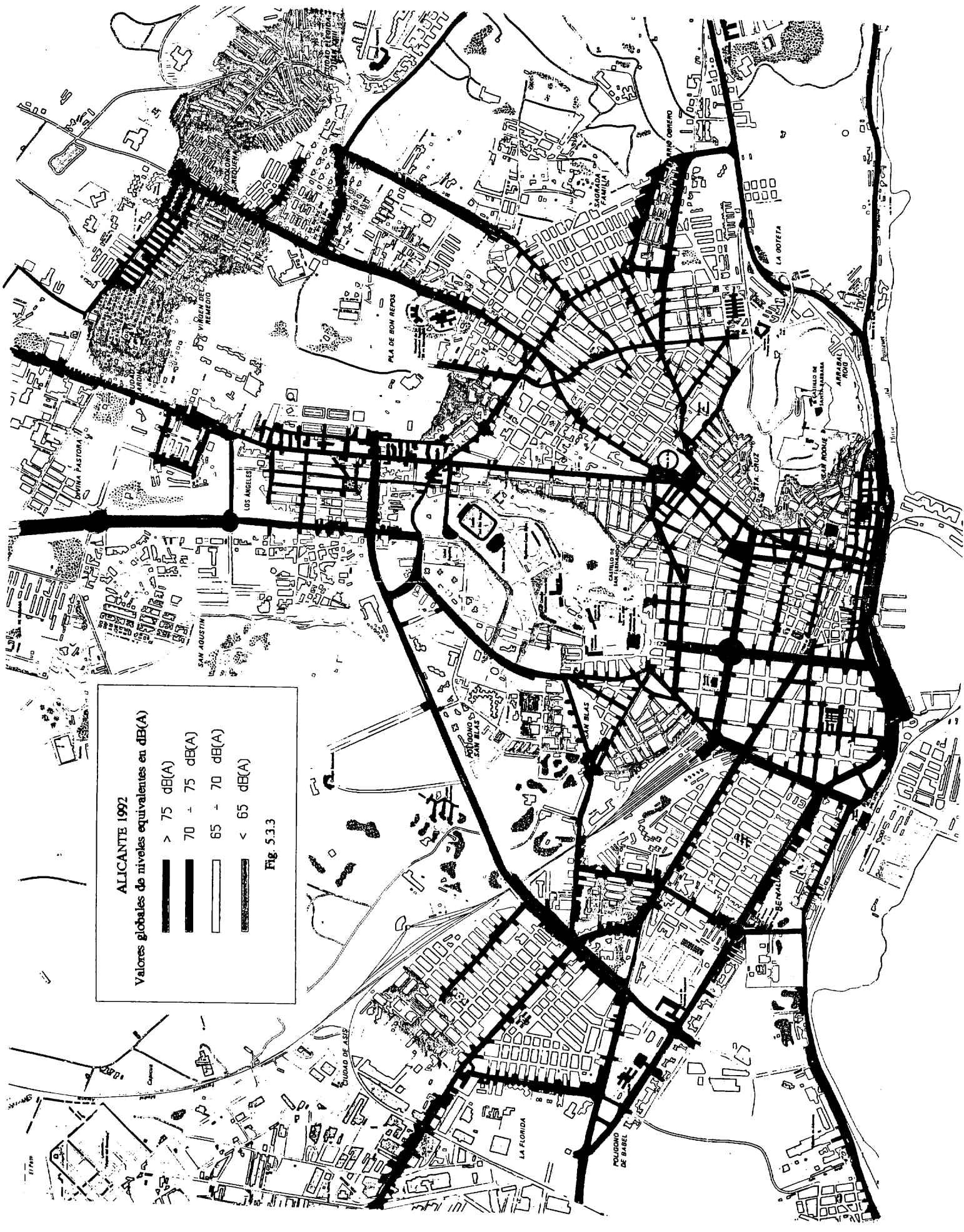
▬ > 75 dB(A)

▬ 70 - 75 dB(A)

▬ 65 - 70 dB(A)

▬ < 65 dB(A)

Fig. 5.3.3



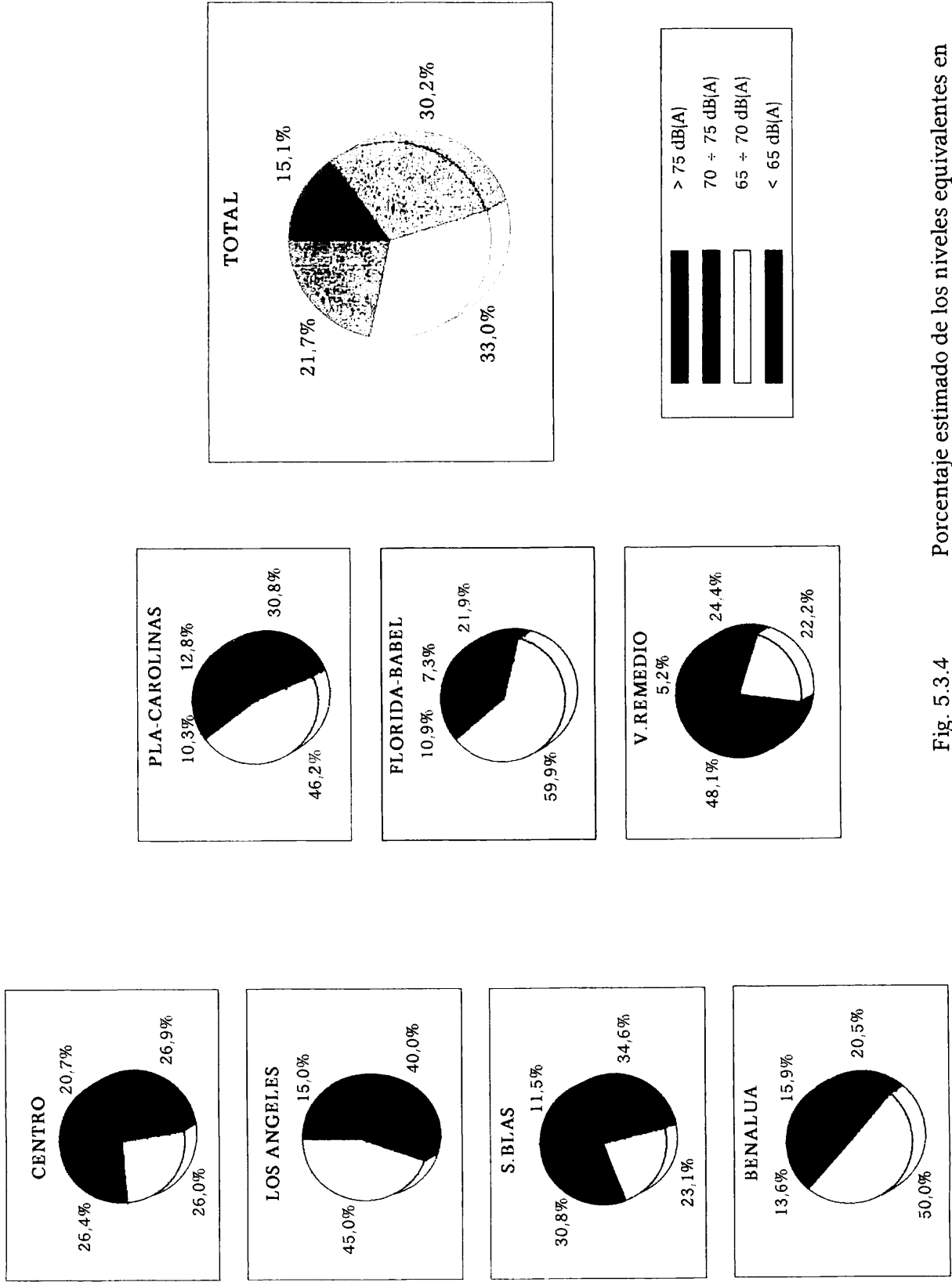


Fig. 5.3.4 Porcentaje estimado de los niveles equivalentes en relación a la longitud de las calles

En la norma UNE 74-022-81 se establecen unos criterios de molestia ante el ruido, los cuales parten del establecimiento de un nivel base, adaptable al nivel de vida local, pero que en todo caso debería estar comprendido entre 35 y 45 dB(A) para el ruido en el exterior. Este criterio se debe corregir para los diferentes periodos del día y según las distintas zonas atendiendo a su configuración urbanística. Así, para el centro urbano (oficinas, comercio, administración) hay que sumar 20 dB(A) al criterio antes indicado, con lo que el criterio corregido tendrá un margen de entre 55 y 65 dB(A). Para periodo nocturno, el criterio sería el anterior al que se le restan 10 dB(A), es decir entre 45 y 55 dB(A).

Si la clasificación de calles se hace teniendo en cuenta el porcentaje de ellas cuyo nivel es superior a 65 dB(B), nivel que la norma UNE 74-022-81 considera debe ser el máximo recomendado en zonas céntricas de ciudades, tendríamos los siguientes resultados:

- Los Angeles 100 %
- Pla-Carolinas. 90 %
- La Florida 89 %
- Benalúa 86 %
- Centro 74 %
- S. Blas. 69 %
- Virgen del Remedio 52 %

Para el total de la ciudad, el porcentaje de longitud de calles cuyo nivel sonoro equivalente es superior a 65 dB(A), es del 78 %.

De acuerdo con este valor, se puede afirmar que Alicante es en conjunto una ciudad ruidosa, ya que en ciudades parecidas, como Vitoria, se ha determinado experimentalmente que el porcentaje de **superficie** de la ciudad sometida a niveles superiores a 65 dB(A) es del orden del 25 % sólo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo resumiremos en forma de conclusiones los principales resultados del trabajo y además propondremos algunas medidas que esperamos puedan limitar el impacto del ruido sobre la colectividad en Alicante.

7.1 Conclusiones generales de este estudio

1ª) Las condiciones socioeconómicas de Alicante han propiciado un modelo de desarrollo ciudadano que ha dado lugar a un agravamiento de la calidad de vida, y en particular a un aumento del nivel de ruido ambiental.

2ª) El aumento del parque de vehículos automóviles, principal fuente del ruido ambiental, ha llegado a saturar la red viaria.

3ª) La estructura viaria de la ciudad no es la más adecuada para asegurar la fluidez circulatoria del tráfico automóvil actual. Cabe la duda de si el trazado de los nuevos viarios (circunvalación de la autovía, Gran Vía, Via Parque) será capaz de limitar el grado de congestión actualmente existente.

4ª) El transporte urbano público no es usado por los ciudadanos en el grado deseable, por estar primando una cultura de uso del automóvil propio más allá de lo razonable.

5ª) Existe una gran deficiencia en el control de los vehículos que no circulan con las condiciones técnicas apropiadas, cuyo nivel sonoro es marcadamente superior al de vehículos similares pero en perfecto estado de circulación.

6ª) La circulación de motos de pequeña cilindrada con el escape deliberadamente trucado, o los usos de conducción con aceleraciones bruscas convierten a estos vehículos en las fuentes sonoras más ruidosas de todas cuanto existen en las calles, exceptuando algunos camiones de gran tonelaje.

7ª) Las actividades lúdicas, que en principio deberían realizarse en el interior de locales cerrados, se trasladan frecuentemente al exterior, generando un entorno ruidoso en los alrededores por la aglomeración de personas que se produce, alterando el sentido inicial de la licencia de apertura de que disponen, y ocasionando en el vecindario graves molestias por los niveles sonoros producidos.

8ª) La regulación semafórica de la circulación y las limitaciones de velocidad hemos comprobado son factores positivos para la reducción de los niveles sonoros en lugares de elevadas densidades de tráfico.

8ª) A la vista de los resultados que hemos presentado en el apartado 6.3 se puede afirmar que Alicante, en conjunto, es una ciudad cuyo nivel de ruido ambiental es alto.

7.2 Comentarios y Recomendaciones para acciones preventivas

1ª) Un planeamiento urbanístico de la ciudad que tienda a rebajar los niveles de densidad de construcción no sólo es beneficioso desde otros puntos de vista, sino que puede ser una factor importante para disminuir los niveles de ruido actuales.

2ª) El diseño viario en las zonas a urbanizar sería conveniente tuviera en cuenta las experiencias realizadas en otros lugares para que los residentes sufran el menor impacto sonoro del tráfico de vehículos.

3ª) Es importante que los servicios de Inspección Técnica de Vehículos (ITV) controlen y exijan corregir aquellas deficiencias que éstos presenten que puedan suponer un aumento del nivel sonoro permitido en las Normas.

4ª) Es necesario que las Autoridades hagan cumplir la Ordenanza Municipal sobre el ruido de vehículos, ya que como hemos repetido varias veces algunos de éstos producen una contribución al nivel sonoro ambiental equivalente al de decenas de vehículos normales. Como consecuencia de esto se debe dotar a los agentes de los medios técnicos necesarios para poder comprobar el cumplimiento de la Ordenanza.

8. EL MAPA ACUSTICO DE ALICANTE

8. EL MAPA ACUSTICO DE ALICANTE

El objetivo principal de este trabajo ha sido establecer unos criterios que sirvan para la realización del Mapa Acústico de Alicante, de considerarse de interés éste. Con la experiencia que hemos adquirido estamos en condiciones de plantear una serie de directrices que puedan servir para fijar las condiciones que deben cumplirse para la ejecución de un Mapa Acústico.

8.1 Planteamiento

Una cuestión a resolver es la de si interesa un mapa que abarque todo el término municipal, o por el contrario que haga análisis locales de zonas conflictivas por la emisión sonora que producen. La diferencia entre uno u otro criterio está relacionada con el presupuesto que se pretenda destinar a este fin.

Una solución intermedia estaría en medir con una cierta densidad de puntos todos los lugares, salvo aquellos que se consideren especialmente sensibles donde la densidad y frecuencia de medidas sea mucho mayor.

8.2 Realización

En nuestro trabajo hemos hecho medidas sobre 380 puntos. Suponiendo una cobertura equivalente a la utilizada para obtener un mapa de cuadrículas de 200 m x 200 m, el número de puntos de medida para todo el término municipal sería de unas cuatro veces mayor, es decir unos 1300.

Sobre cada punto se debe acumular, por lo menos, del orden de una hora de medidas, realizadas en distintos periodos del día (mañana, tarde y noche) y en distintas estaciones (invierno-primavera y verano-otoño). Esto significa hacer unas seis o siete medidas por punto. A cada medida le asignaremos un tiempo de unos 10 minutos, intervalo de tiempo que consideramos apropiado. El número total de medidas sería de unas 8000.

Las medidas deberán ser realizadas con sonómetro tipo I y de acuerdo con las especificaciones de la Norma 74-022-81. El sonómetro, además de medir el Nivel Continuo Equivalente, deberá ser capaz de registrar los índices excedidos L_N y de dar la distribución frecuencial de niveles, con el objeto de disponer de la máxima información. Para una ciudad de la extensión de Alicante harán falta dos equipos de medida.

Para el tratamiento de la información se deberá disponer de forma exclusiva de los siguientes sistemas informáticos:

- Un PC portátil para el volcado y control in situ de las medidas. Puede servir un 286 ó un 386 con un disco duro de 30 Mbytes.
- Un PC tipo 486, para garantizar una cierta rapidez en el manejo y procesado de la ingente cantidad de datos que van a originar las medidas.
- Una impresora con buena capacidad para gráficos, y que tenga posibilidades de trabajar con formato A3. Recomendable una de chorro de tinta

para las representaciones en colores.

8.3 Costo

Para la realización del Mapa Acústico el presupuesto aproximado de gastos podría ser el siguiente:

1) Gastos en la realización de las medidas: si se supone que éstas pueden ser efectuadas por estudiantes o becarios con la indispensable formación técnica, teniendo en cuenta que las 8000 medidas representan unas 1300 horas netas, a las que debemos añadir los tiempos muertos necesarios para desplazarse desde unos lugares a otros y que podemos cuantificar en unas 1000 horas más, a unas 1000 ptas/hora tendremos un total de 2.300.000 ptas por este concepto.

2) A lo anterior tendremos que añadir las dietas correspondientes a los responsables del trabajo. Si se supone que éstos son profesionales de la Universidad no hace falta añadir a las dietas ningún concepto en forma de salario. En caso contrario el costo por este concepto sería mucho mayor. Suponiendo que el trabajo de campo se realice durante un año, parece razonable contar por este concepto una cantidad del orden de 1.500.000 Ptas si se trata de dos técnicos.

3) Para material habría que contar con lo siguiente:

3.1) Dos sonómetros clase I con sus accesorios (módulos estadísticos, análisis de octavas): 3.000.000.- Ptas

3.2) Dos PC portátiles como apoyo y soporte de cada sonómetro:

400.000.- Ptas

3.3) Un PC 486 para el trabajo de gabinete: 250.000.- Ptas

3.4) Una impresora de chorro de tinta a color: 300.000.- Ptas

El total de gastos en material es de 4.050.000.- Ptas

4) En gastos varios habría que considerar los siguientes:

4.1) Material fungible para los sonómetros y equipos informáticos:

500.000.- Ptas

4.2) Material para la representación y edición de los datos: 500.000 ptas

4.3) Imprevistos: 500.000 ptas

En este apartado contamos 1.500.000 ptas

El total considerado es de 9.350.000 ptas, que hay que considerar como un cantidad a la baja, y a la que habría que añadir los impuestos correspondientes (15 % IVA).

9. BIBLIOGRAFIA

9. BIBLIOGRAFIA

H. Estellés

Impacto del ruido en el medio ambiente

1ª Jornadas de Acústica Arquitectónica, Valencia 1990

A. García

El ruido ambiental en zonas urbanas: fuentes de ruido e impacto sobre los ciudadanos

Jornadas sobre Ruido Ambiental, Gandía 27-28 Febrero 1991

C.M. Harris, Editor

Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control, 3th Ed.

McGraw Hill, New York 1991

C.M. Harris, Editor

Manual para el Control del Ruido (2 volúmenes)

Instituto de Estudios para la Administración Local, Madrid 1977

J.R. Hassall and K. Zaveri

Acoustic Noise Measurements

Brüel & Kjær, Nærum (Danmark) 1985

V. Mestre

Evaluación del ruido medioambiental

Seminario nº 14 de la AECC, Madrid 19-12-1990

V. Mestre y A. Garcia Sanchermes

Curso de Acústica en Arquitectura

Servicio de Publicaciones de la COAM, Madrid 1982

J.-G. Migneron

Acoustique Urbaine

Ed. Masson, Paris 1980

J.M. Ochoa y F. Bolaños

Medida y Control del Ruido

Marcombo-Boixareu Ed., Barcelona 1990

P. Perera

El control del ruido ambiental: ordenanzas y normativas

Jornadas sobre Ruido Ambiental, Gandía 27-28 febrero 1991

M. Rodriguez Bustabad y A. Garcia Sanchermes

Ruido de tráfico urbano e interurbano. Manual para la planificación urbana y la Arquitectura

CEOTMA, Madrid 1983

J.S. Santiago

Medidas de ruido ambiental: el mapa acústico de Madrid

Jornadas sobre Ruido Ambiental, Gandía 27-28 febrero 1991

J.M. Sanz

El ruido

MOPU, Madrid 1987

J.R. de Vera

Estudio geográfico del tráfico urbano de Alicante en los primeros años setenta

Publicaciones de la Caja de Ahorros Provincial, nº 127, Alicante 1985