

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE PSICOLOGÍA**  
**Departamento de Psicología Experimental**



**TESIS DOCTORAL**

## **Efecto del ruido de aviones en la población escolar**

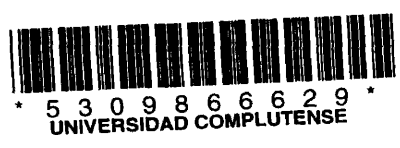
MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR

**Isabel López Barrio**

Madrid, 2015

TP  
1984  
148

Isabel López Barrio



X-53-006636-9

EFECTO DEL RUIDO DE AVIONES EN LA POBLACION ESCOLAR



ARCHIVO

Departamento de Psicología Experimental  
Facultad de Psicología  
Universidad Complutense de Madrid  
1984

Colección Tesis Doctorales. Nº 148/84

© Isabel López Barrio  
Edita e imprime la Editorial de la Universidad  
Complutense de Madrid. Servicio de Reprografía  
Noviciado, 3 Madrid-8  
Madrid, 1984  
Xerox 9200 XB 480  
Depósito Legal: M-19100-1984



BIBLIOTECA

**AUTORA: Isabel López Barrio**

**TITULO DE LA TESIS DOCTORAL**

**EFECTO DEL RUIDO DE AVIONES  
EN LA POBLACION ESCOLAR**

**DIRECTOR**

**Prof. D. Mariano Yela Granizo  
Catedrático del Departamento  
de Psicología Experimental de  
la Facultad de Psicología de la  
Universidad Complutense de  
Madrid.**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
Facultad de Psicología  
Departamento de Psicología Experimental  
Año 1983**



## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar, en primer lugar, mi agradecimiento al Prof. D. Mariano Yela por su inestimable ayuda en el desarrollo y dirección de este trabajo así como su presentación.

He de agradecer también al Prof. D. Andrés Lara la ayuda prestada en la realización de la parte acústica de este trabajo.

Asímismo, me han sido de gran utilidad las sugerencias aportadas por mis compañeros de laboratorio D. Salvador Santiago y D<sup>a</sup> Carmen Delgado y especialmente la valiosa ayuda prestada por D<sup>a</sup> Dominica Atance en la realización de las medidas audiométricas.

Igualmente, quiero expresar mi agradecimiento al Dr. D. Vicente Ponsoda por su ayuda en la realización de esta Memoria.

No podría finalizar esta ya larga lista, sin expresar mi gratitud a todos mis compañeros del Instituto de Acústica, donde ha sido realizado este trabajo, en la persona de su Director Dr. D. Jaime Pfretzschner cuyas facilidades otorgadas, han resultado de valor singular en mi trabajo.

Finalmente a D<sup>a</sup> Adelaida Jover y D<sup>a</sup> María Gonzalez por su valiosa colaboración en la presentación gráfica de esta Tesis.



## INDICE

\*\*\*\*\*

	Pág.
INTRODUCCION .....	I
I. CARACTERIZACION DEL RUIDO .....	4
I. 1. - Medida del sonido: Magnitudes y unidades físicas del sonido .....	5
I. 2. - Magnitudes y unidades psicofisiológicas .....	7
I. 3. - Evaluación del ruido.....	14
II. EFECTOS DEL RUIDO .....	20
II. 1. - Acción del ruido sobre la audición .....	22
II. 2. - Efectos del ruido sobre la salud .....	26
II. 3. - Efectos psicológicos del ruido .....	28
II. 4. - Efecto del ruido de aviones en la comunidad.....	31
II. 5. - Efecto del ruido de aviones en la población escolar .....	35
III. AUDICION Y RUIDO .....	41
III. 1. - Campo auditivo normal .....	42
III. 2. - Comprobación del estado de audición .....	44
III. 2. 1. - Audiometría tonal .....	45
III. 2. 2. - Audiometría vocal .....	48
III. 3. - Efectos del ruido sobre el sentido de la audición .....	55
III. 3. 1. - Intensidad del ruido .....	56
III. 3. 2. - Espectro del ruido.....	58



III. 3. 3.-	Tiempo de exposición al ruido .....	58
III. 3. 4.-	Audición en la edad Infantil .....	61
IV.	EFFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL RENDIMIENTO.....	65
IV. 1.-	Variables que influyen en la ejecución de tareas en presencia de ruido .....	67
IV. 1. 1.-	Características de la tarea .....	68
IV. 1. 2.-	Características del estímulo sonoro .....	74
IV. 1. 3.-	Variables del sujeto .....	77
IV. 1. 3. 1.-	Dimensión de la personalidad Introversión Extroversión. Teoría del arousal.....	78
IV. 2.-	Interpretación de los efectos del ruido sobre el rendimiento.....	83
V.	PLANTEAMIENTO Y METODOLOGIA DEL PRESENTE TRABAJO.....	90
V. 1.-	Hipótesis planteadas .....	92
V. 2.-	Proceso de estudio .....	93
V. 2. 1.-	Sujetos .....	93
V. 2. 2.-	Instrumentos .....	94
V. 2. 2. 1.-	Material empleado para la medida del ruido .....	94
V. 2. 2. 2.-	Material empleado para la medida de la audición .....	95
V. 2. 2. 3.-	Material empleado para la medida del rendimiento .....	104
V. 2. 2. 4.-	Material empleado en la medida de la ansiedad.....	104



VIII. 2. 3. 2. - Rendimiento durante la segunda parte de la tarea .....	160
VIII. 2. 3. 2. 1. - Aciertos .....	160
VIII. 2. 3. 2. 2. - Errores .....	163
VIII. 2. 3. 2. 3. - Rendimiento efectivo .....	163
CONCLUSIONES .....	184
NORMAS CONSULTADAS .....	188
BIBLIOGRAFIA .....	189
APENDICE .....	202

## FIGURAS, FOTOGRAFÍAS Y TABLAS

	Pág.
Figura 1. - Curvas Isofónicas de Robinson y Dadson	9
Figura 2. - Gráfico que representa la relación entre sonoridad y nivel de sonoridad	11
Figura 3. - Curva que representa la relación entre la altura tonal y la frecuencia	13
Figura 4. - Curvas normalizadas de compensación A, B, C y D	16
Figura 5. - Organo de la audición	21
Figura 6. - Gráfico que representa los valores promedio de una escala de molestia para personas expuestas a varios niveles de ruido de aviones	33
Figura 7. - Gráfico que representa el campo auditivo normal	43
Figura 8. - Gráfico en el que se inscriben los resultados de la audiometría tonal	48
Figura 9. - Gráfica tipo que representa la Inteligibilidad normal	53
Figura 10. - Gráfico que representa el riesgo de déficit auditivo en función del nivel sonoro continuo equivalente y los años de exposición	55
Figura 11. - Gráfico que representa la exposición máxima permisible al ruido, en función del nivel sonoro	57

Figura 12. - Gráfico que representa la manifestación audiométrica clásica de pérdida auditiva producida por el ruido	60
Figura 13. - Representación gráfica de la teoría de la activación ("U" invertida)	80
Figura 14. - Situación de las escuelas ruidosas respecto al aeropuerto de Barajas	91
Figura 15. - Fotografía del analizador del nivel de ruido utilizado	95
Figura 16. - Fotografía del laboratorio móvil de acústica	96
Figura 17. - Fotografía de la disposición de los aparatos utilizados en la calibración	102
Figura 18. - Diagrama bloque que representa la disposición del equipo usado para la calibración del sistema de audiometría vocal	103
Figura 19. - Características del micrófono de condensador	104
Figura 20. - Fotografía que muestra la colocación del micrófono en el interior de las aulas	111
Figura 21. - Ejemplo de registro obtenido mediante el analizador de ruido	112
Figura 22. - Distribución acumulativa de ruido de tráfico: niveles percentiles en el tiempo $L_{10}$ , $L_{90}$ y $L_{50}$	113
Figura 23. - Modelo del espectro de un ruido tipo, de avión	114
Figura 24. - Descripción estadística de los umbrales de audición de los alumnos de las tres escuelas ruidosas	126

Figura 25.- Descripción estadística de los umbrales de audición de los alumnos de las escuelas no ruidosas .....	127
Tabla I.- Puntuación media y desviación típica para cada una de las frecuencias exploradas, grupo de chicas, escuelas ruidosas .....	128
Tabla II.- Puntuación media y desviación típica para cada una de las frecuencias exploradas, grupo chicos, escuelas ruidosas ...	129
Tabla III.- Puntuación media y desviación típica para cada una de las frecuencias exploradas, grupo de chicas de las escuelas no ruidosas .....	130
Tabla IV.- Puntuación media y desviación típica para cada una de las frecuencias exploradas, grupo de chicos, de las escuelas no ruidosas .....	131
Tabla V.- Tabla resumen del análisis de varianza realizado con las medidas de la audiometría vocal .....	132
Figura 26.- Pérdida media en dB para cada una de las frecuencias exploradas, para grupos con ruido y sin ruido .....	133
Figura 27.- Pérdida globalizada para cada uno de los oídos (Izquier- do y derecho) correspondiente a grupos con ruido y sin ruido .....	134
Figura 28.- Curvas umbral de audición obtenidas por los alumnos de las escuelas de ruido ambiente normal .....	135
Figura 29.- Curvas umbral de audición obtenidas por los alumnos de cada una de las escuelas del grupo de ambiente ruidoso ...	136

Figura 30. - Curvas umbral de audición obtenidas para grupos de hombres y mujeres .....	137
Tabla VI. - Tabla resumen del análisis de varianza realizado con las medidas de la audiometría vocal .....	138
Figura 31. - Curvas de inteligibilidad para los grupos de palabras monosílabas y bisílabas correspondientes a las mujeres del grupo de ambiente ruidoso .....	139
Figura 32. - Curvas de inteligibilidad para los grupos de palabras monosílabas y bisílabas correspondientes a los hombres del grupo de ambiente ruidoso .....	140
Figura 33. - Curvas de inteligibilidad para los grupos de palabras monosílabas y bisílabas correspondientes a las mujeres del grupo sin ruido .....	141
Figura 34. - Curvas de inteligibilidad para los grupos de palabras monosílabas y bisílabas correspondientes a los hombres del grupo sin ruido .....	142
Figura 35. - Curvas de inteligibilidad correspondientes a los alumnos de las escuelas ruidosas .....	143
Figura 36. - Curvas de inteligibilidad correspondiente a los alumnos de las escuelas sin ruido .....	144
Tabla VII. - Influencia de cada uno de los distintos factores analizados en la primera medida de rasgo de ansiedad AR1 .	165
Tabla VIII. - Influencia de cada uno de los distintos factores analizados en la segunda medida de rasgo de ansiedad AR2 .	166

Tabla IX. - Influencia de los distintos factores analizados en la primera medida del estado de ansiedad AM1 .....	167
Tabla X. - Influencia de los distintos factores analizados en la segunda medida del estado de ansiedad AM2 .....	168
Tabla XI. - Resultado del análisis de varianza correspondiente a la tercera medida del estado de ansiedad AM3 .....	169
Tabla XII. - Resultado del análisis de varianza correspondiente al número de aciertos de la primera parte del trabajo AC1 ..	170
Tabla XIII. - Resultado del análisis de varianza correspondiente al número de errores de la primera parte del trabajo ER1....	171
Tabla XIV. - Resultado del análisis de varianza correspondiente al rendimiento efectivo en la primera parte del trabajo RE1....	172
Tabla XV. - Resultado del análisis de varianza correspondiente al número de aciertos de la segunda parte del trabajo AC2 ...	173
Tabla XVI. - Resultado del análisis de varianza correspondiente al número de errores de la segunda parte del trabajo ER2....	174
Tabla XVII. - Resultado del análisis de varianza correspondiente al rendimiento efectivo en la segunda parte del trabajo RE2	175
Figura 37. - Puntuaciones medias en rasgo de ansiedad para hombres y mujeres .....	176
Figura 38. - Puntuaciones medias en rasgo de ansiedad para los grupos con ruido y sin ruido.....	177
Figura 39. - Puntuaciones medias en las tres medidas del estado de ansiedad, de los grupos con ruido y sin ruido.....	178



Figura 40. - Puntuaciones medias obtenidas en las tres medidas del estado de ansiedad, para grupos de hombres y mujeres.....	179
Figura 41. - Puntuaciones medias en rendimiento efectivo en la primera y segunda parte de la tarea, grupos con ruido y sin ruido .....	180
Figura 42. - Puntuación media de los aciertos realizados en la primera y segunda parte de la tarea, por el grupo de hombres y mujeres .....	182
Figura 43. - Puntuación media de los errores realizados en la primera y segunda parte de la tarea, por los grupos con ruido y sin ruido .....	183
Figura 44. - Puntuación media de los aciertos realizados en la primera y segunda parte de la tarea, por los grupos con ruido y sin ruido .....	184

## INTRODUCCION

El desarrollo industrial experimentado en las últimas décadas ha originado, junto con una mejora de las condiciones y niveles de vida, una serie de efectos negativos entre los cuales se encuentra la degradación del medio ambiente.

Entre los factores que contribuyen a esta degradación ambiental el ruido a que se encontrará sometida la comunidad es de los más comunes e importantes.

El ruido es un agente contaminante y fue reconocido como tal en el Congreso de Medio Ambiente de las Naciones Unidas celebrado en Estocolmo en el año 1972. La SCOPE (Scientific Committee on Problems Environment) también lo incluye como contaminante.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) define el Ruido como un sonido no deseado cuyas consecuencias son una molestia para el público con riesgo de peligro para la salud física y mental.

Toda actividad mecánica y humana produce sonido. Los sonidos son subproductos de las operaciones mecanizadas que caracterizan a las industrias modernas. El hombre en el desarrollo de su vida, se auxilia de medios, los cuales llevan consigo, en la mayor parte de los casos, la producción de ruido.

En un ambiente urbano coexisten diversidad de fuentes de ruido cuyos efectos, al sumarse de forma anárquica, forman el ambiente de ruido urbano.

No todas las fuentes tienen la misma importancia en cuanto al efecto global en una concentración urbana. En orden decreciente de importancia en cuanto a su contribución al ambiente de ruido urbano, las fuentes de ruido principales son la circulación de vehículos (tráfico rodado, tráfico aéreo, ferrocarril de superficie y subterráneo, embarcaciones en algunos casos), la construcción y demolición de edificios y obras públicas, las industrias, tanto de transformación como las de servicios, y las actividades comunitarias.

Dentro del ruido de circulación, el del tráfico rodado es el predominante en los núcleos urbanos, y en casos específicos de proximidad a aeropuertos o a líneas de vuelo, o a vías de ferrocarril, se sobreponen el ruido de estas fuentes al del tráfico rodado.

En los alrededores de los grandes aeropuertos el ruido, como elemento de contaminación ambiental, es una de las características más detectadas. El aumento progresivo de la potencia de los motores, la importancia creciente del tráfico aéreo, el gran número de aviones en servicio, unido a la creciente densidad de población en las zonas vecinas, hacen que se dediquen grandes esfuerzos a prevenir el incremento de ruido en las poblaciones próximas a los alrededores de los aeropuertos.

El ruido ambiental puede interferir ampliamente en las diversas actividades humanas con el consiguiente deterioro del bienestar público y de la calidad de la vida.

Las molestias causadas por la presencia del ruido pueden concretarse en efectos fisiológicos, siendo el principal, en el hombre, la pérdida de audición que experimenta cuando está sometido a niveles elevados, y efectos psicológicos, tales como pérdida de atención, estados de ansiedad, fatiga psíquica o física, o ambas, alteraciones en la memoria, sensación de vértigos, etc.

La finalidad de las investigaciones llevadas a cabo en este estudio, es contribuir a la determinación de las posibles influencias psicológicas que el ruido de aviones puede producir en la población escolar próxima a los aeropuertos, lo que ha sido realizado a partir de un análisis de los niveles sonoros en cada una de las escuelas analizadas, acompañado de la comprobación del estado de audición de los escolares que fueron sujetos a estas pruebas, verificándose, a través de pruebas psicológicas, la evaluación de la incidencia del ruido en el rendimiento, así como la valoración del nivel de ansiedad, originado como consecuencia de la realización de una tarea de tipo intelectual.

## CAPITULO I

\*\*\*\*\*

### CARACTERIZACION DEL RUIDO

Los fenómenos físicos han sido definidos históricamente en función de los sentidos humanos. Desde este punto de vista el sonido ha estado relacionado siempre con la percepción del oído humano. El sonido es en esencia una vibración mecánica que se propaga a través de un medio elástico como es el aire, en forma de ondas longitudinales desde una fuente vibratoria y percibido por el oído a través de ciertos mecanismos.

Desde el momento en que la energía acústica resulta de vibraciones mecánicas que inducen a las partículas del medio a movimientos fuera de sus puntos de reposo, el sonido es una forma de energía mecánica.

Se ha comprobado que la respuesta del individuo frente al sonido (o ruido) es función de la frecuencia de las fluctuaciones de presión, de su amplitud y de la variación en el tiempo de estas magnitudes.

Físicamente, podemos definir el ruido como un conjunto anárquico, en frecuencia y niveles, de señales acústicas. Desde el punto de vista psico-fisiológico, ruido es todo sonido no deseado por el receptor, es decir una sensación auditiva desagradable. Esta definición subraya el que uno de los principales factores dentro del problema del ruido sea de tipo subjetivo. Por estas razones, el poder separar o delimitar los ruidos de los sonidos es un problema casi imposible, por el carácter eminentemente subjetivo de la

clasificación. El estudio del ruido implicará no sólo determinaciones y consideraciones de tipo físico u objetivo, sino que incluirá aspectos humanos individuales y colectivos.

#### 1.1. MEDIDA DEL SONIDO: MAGNITUDES Y UNIDADES FISICAS DEL SONIDO

Las características principales a considerar en la medida de un ruido son: espectro en frecuencias, intensidad y distribución en el tiempo.

A) Frecuencia. - La velocidad con que vibra una fuente de sonido o con que hace vibrar el aire o medio transmisor determina una cualidad básica del sonido conocida como frecuencia. Cada compresión del aire y su relajación se llama ciclo. La frecuencia se expresa en ciclos por segundo (c/s) o hercios (Hz).

La frecuencia más baja que puede percibir el oído humano es del orden de 20 Hz; por debajo de esta frecuencia se encuentra el ámbito infrasónico. La frecuencia más alta humanamente perceptible se sitúa en torno a los 20.000 Hz; por encima de ella se encuentran los ultrasonidos.

B) Intensidad. - Depende de la amplitud del movimiento oscilatorio. La intensidad sonora,  $I$ , se define por el ritmo al cual la energía mecánica fluye a través de la unidad de área perpendicular a la dirección de propagación.

La intensidad de sonido se mide en decibelios (dB). El Bello expresa las relaciones de dos medidas de energía. El número de belios que expresan dicha relación es el logaritmo decimal del cociente de las dos cantidades. Si  $w_1$  es la potencia que se considera y  $w_0$  es una potencia de referencia y N es el número de belios que representa la relación  $w_1/w_0$ , entonces:

$$N = \log \frac{w_1}{w_0} \text{ (belios)}$$

Si  $w_1$  es 10 veces mayor que  $w_0$ , la relación  $w_1/w_0$  será un bello, cuando ambas potencias se expresan en las mismas unidades. Por razones prácticas se usa generalmente el decibelio (dB) o décima parte de un bello. Así la relación anterior se puede escribir:

$$n = 10 \text{ Log } \frac{w_1}{w_0} \text{ (dB)}$$

donde n es el número de decibelios.

Como las intensidades acústicas son directamente proporcionales a las potencias acústicas que las producen, se dice que en un punto el nivel de intensidad es n decibelios cuando se cumple la relación:

$$n = 10 \text{ Log } \frac{I}{I_0} \text{ dB}$$

Sin embargo como las potencias acústicas están relacionadas con los cuadrados de las presiones, la relación que rige será:

$$n = 20 \text{ Log } \frac{P}{P_0}$$

en otras palabras, cuando la relación de presiones acústicas es expresada en dB, el valor es 20 veces el logaritmo de su cociente.

De esta fórmula se pueden extraer valores para averiguar la relación entre potencia sonora y presiones. Considerando esto, vemos que el decibelio es una unidad no absoluta sino proporcional, que expresa el logaritmo de la excitación sonora.

### C) Variación en el tiempo

En la mayoría de las situaciones de ruido ambiental, el nivel de esta variable no es constante en el tiempo, sino que presenta intermitencias y fluctuaciones. Consecuentemente hay que evaluar estadísticamente el nivel sonoro total sobre un período de tiempo suficientemente largo que no dependerá del margen de variabilidad de aquél. Esto es lo que se conoce como exposición al ruido.

## 1.2. MAGNITUDES Y UNIDADES PSICOFISIOLÓGICAS

A las características físicas de la onda sonora ya descritas, le corresponden otras psicofisiológicas que incorporan las distintas propiedades de la audición. Estas son: sonoridad, correspondiente a la intensidad; altura, a frecuencia y timbre a forma de onda. En general esta correlación de los dos tipos de magnitudes no es biunívoca, sino que por ejemplo, la sonoridad, depende fundamentalmente de la intensidad física del sonido



pero también de la frecuencia y la forma de onda.

a) Sonoridad

Puesto que la respuesta del oído no es lineal ni en frecuencia ni en intensidad, existe una sensación diferente para tonos de igual nivel sonoro y distinta frecuencia; esta sensación sonora o intensidad subjetiva es conocida como sonoridad. Mediante ensayos subjetivos se pueden conocer las curvas de igual sonoridad, dadas por Fletcher y Mundson, y revisadas por Robinson y Dadson (Fig. 1 ), en donde en abscisas están indicadas las frecuencias de los tonos puros que percibe el oído humano y en ordenadas el nivel de presión sonora. Las curvas unen puntos de igual sensación sonora, correspondiendo a cada una un número de fonios igual al nivel de presión sonora en decibelios a 1000 Hz. La curva de 0 fonios representa el umbral mínimo de percepción sonora. Niveles inferiores a 80 fonios requieren más energía en las frecuencias bajas y en las altas que en las medias para producir la misma sensación sonora, siendo aproximadamente plana la respuesta a partir de los 80 fonios. El máximo de sensibilidad al oído aparece alrededor de los 3000 Hz, frecuencia correspondiente a la de resonancia del conducto auditivo externo. Estas curvas dan pues la definición subjetiva de Fonio, p. ej. un tono puro de frecuencia 100 Hz y nivel sonoro 50 dB, suena tanto, es decir, tiene la misma sonoridad, que un tono de 1000 Hz y 40 dB, por lo que se dice que el nivel de sonoridad del tono de 100 Hz, es por definición 20 fonios.

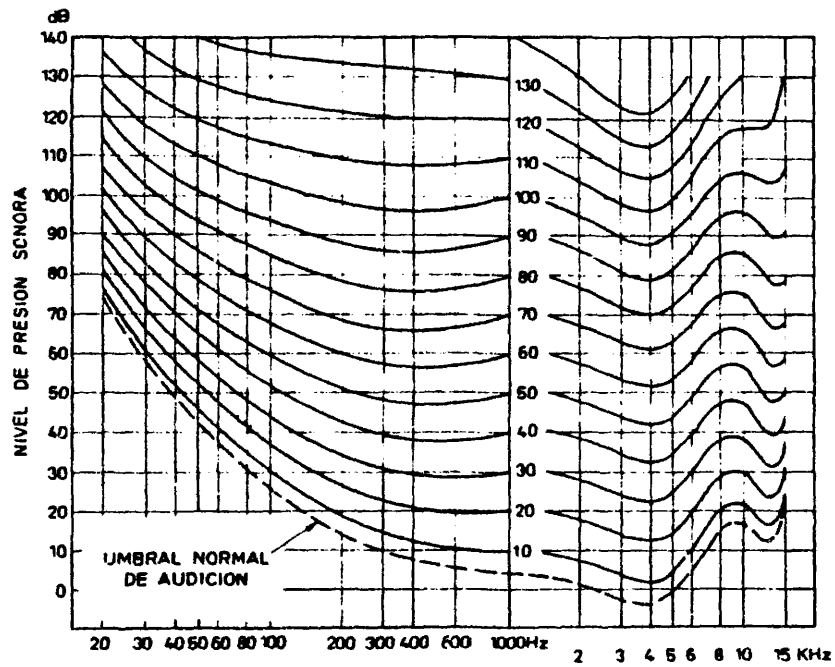


Fig. 1.- Curvas Isofónicas de Robinson y Dadson, Organización Internacional de Normalización (ISO) R. 226 - 1961.

Análogamente al nivel sonoro en decibelios, el nivel de sonoridad en fonios no está expresado por unidades lineales, es decir, un sonido de 80 fonios no tiene una sonoridad doble que uno de 40 fonios. Se elige pues otra unidad para la medida de sonoridad, el sonio, unidad lineal y que está definida por

$$S_{(\text{sonios})} = 2^{\frac{NS_{(\text{fonios})} - 40}{10}}$$

Esta fórmula está representada en la figura 2 y se observa que a 40 fonios corresponde un sonio, duplicándose el número de sonios cada vez que aumenta en 10 el número de fonios. Entonces la sonoridad de 20 sonios es el doble de la sonoridad de 10 sonios.

Los resultados anteriores corresponden a sonidos puros, es decir, tonos sinusoidales; cuando se trata de sonidos de la vida real o ruidos, el cálculo de la sonoridad se realiza a través de métodos laboriosos, en los que hay que tener en cuenta no sólo la respuesta del oído sino también los fenómenos de enmascaramiento y bandas críticas. En los últimos tiempos, y como una simplificación de la medida de la sonoridad, se utiliza el nivel sonoro en decibelios  $\underline{A}$ , medido con un sonómetro que incorpora la red de compensación  $\underline{A}$ , similar a la respuesta del oído para la curva isofónica de 40 fonios.

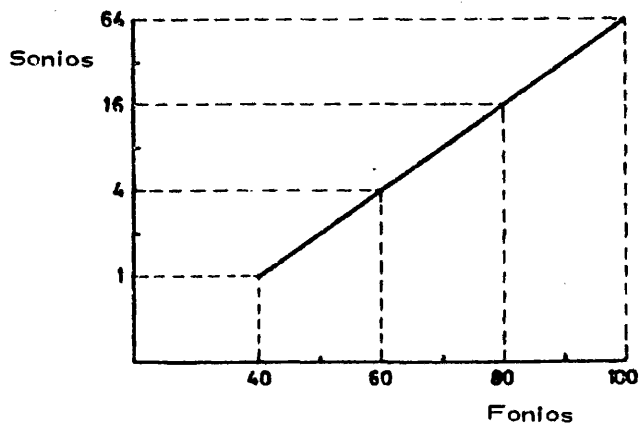


Fig. 2. - Relación entre sonoridad y nivel de sonoridad.

b) Altura tonal

Otra de las características subjetivas del sonido es la altura tonal, que está principalmente relacionada con la frecuencia, pero que también depende de la intensidad y de la forma de onda. Por ejemplo un tono de 100 Hz a 50 dB tiene una altura mayor que el mismo tono de 100 Hz a 70 dB, independientemente de que la frecuencia permanezca constante. Este cambio del tono con la sonoridad es más acusado para frecuencias bajas y para tonos sinusoidales. Para las frecuencias entre 1000 y 5000 Hz, la altura de un tono es relativamente independiente de su sonoridad.

Para sonidos emitidos con instrumentos musicales las variaciones anteriores son muy pequeñas.

En la Fig. 3 está representada, para una sonoridad de 60 fonios, la relación subjetiva entre altura y frecuencia a partir de la hipótesis de que a un tono de 1000 Hz y 60 fonios le corresponde una altura tonal de 1000 "melios".

c) Timbre

En un sonido musical y por extensión en todo ruido, el timbre es la característica subjetiva que distingue dos tonos de la misma intensidad y frecuencia fundamental pero diferente forma de onda. Por el timbre se distingue el violín de la trompeta, por supuesto cuando ambos tocan la misma nota y al mismo nivel.

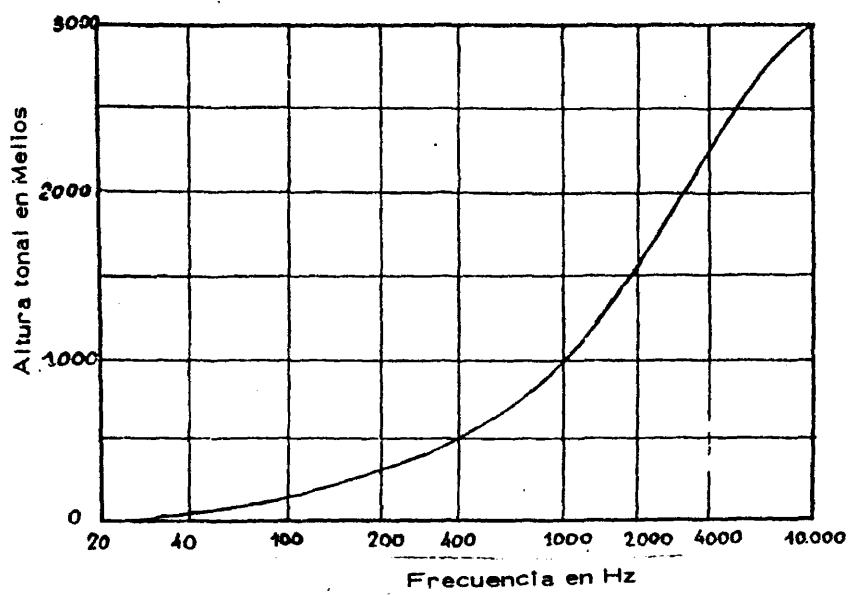


Fig. 3. - Relación entre la altura tonal y la frecuencia.

### 1.3. EVALUACION DEL RUIDO

La técnica que se ha de utilizar en los problemas de medida del ruido depende de las características del ruido y de la información que se desee obtener. Los ruidos constantes o de estado estacionario, son probablemente los más fáciles de medir. La medida de ruido de impactos, de rápida variación o ruidos transitorios precisa una técnica más compleja.

Para el análisis y la evaluación del nivel sonoro ambiental y el establecimiento de niveles máximos de emisión e inmisión, es preciso utilizar unidades o índices que combinen las características físicas y la respuesta subjetiva de la comunidad expuesta a él.

La medida de la exposición al ruido, puede hacerse bien de una manera sencilla como puede ser la lectura directa en un sonómetro, o bien de una manera más complicada considerando la variación con el tiempo de los niveles de presión sonora para cada banda de frecuencia.

Para determinar el nivel de presión sonora del ruido, es decir, la energía sonora total del ruido existente en el margen de frecuencias audibles, se mide su intensidad en dB (L) decibelios lineales.

A partir del espectro de un ruido puede obtenerse su Nivel Total de Presión Sonora sumando logarítmicamente los niveles de presión sonora de cada una de las bandas de frecuencia.

La medida de un ruido en términos de su nivel de presión sonora total indica de manera muy pobre lo que el individuo oye. La respuesta del oído humano no es lineal con la frecuencia. Experimentalmente se ha comprobado que el oído presenta una mayor sensibilidad en las altas frecuencias, especialmente en la región comprendida entre 2 kHz y 6 kHz.

Para simular en los equipos de medida las características de la audición se introdujeron las redes de compensación, que en definitiva no son más que unos filtros electrónicos que modifican la señal acústica según unas determinadas correcciones para cada una de las bandas de frecuencia.

Las redes de compensación, normalmente utilizadas son: La red "A", la red "B", la red "C" y la red "D", Fig. 4.

Cuando se desea una sola cifra que exprese el NS (nivel sonoro) de un campo sonoro, se utiliza un sonómetro, seleccionando la red de compensación adecuada, según el nivel, de acuerdo con las especificaciones siguientes:

La red "A", se corresponde aproximadamente con el contorno de 40 fonios de las curvas isofónicas y corrige las frecuencias altas y bajas.

La red "B", que recuerda el contorno de 70 fonios y rectifica las frecuencias muy bajas.

La red "C" que corresponde a una respuesta prácticamente lineal.



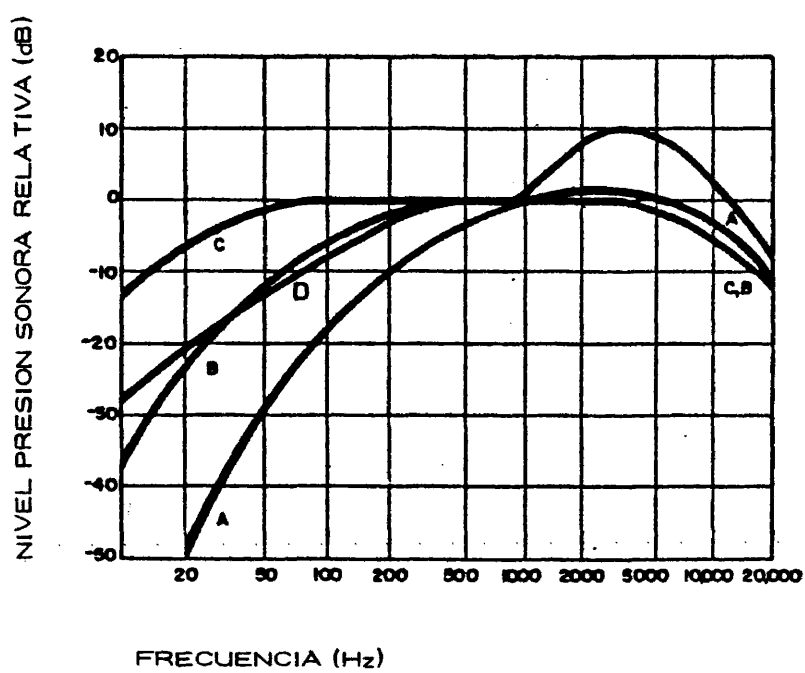


Fig. 4. - Curvas normalizadas de compensación A, B, C y D.

Las medidas obtenidas por lectura directa en los sonómetros usando estos filtros reciben el nombre de Niveles Sonoros expresados en dB (A), dB (B) y dB (C) dependiendo de la red usada.

Inicialmente, se pretendía que la red A se usara para medir niveles de presión inferiores a 55 dB; la red B, para niveles comprendidos entre 55 dB y 85 dB y la red C para niveles superiores a 85 dB. Sin embargo en la actualidad es la red A la que se utiliza más ampliamente por correlacionar mejor con la respuesta subjetiva de las personas y de la comunidad frente al ruido.

Respecto a la predicción del ruido producido por las aeronaves en las cercanías de los aeropuertos, los métodos de medida deben de tener en cuenta los factores de tipo topográfico (emplazamiento, obstáculos, tipo del terreno) y meteorológicos (temperatura, humedad, viento, gradiente de viento) de un aeropuerto determinado, que influyen en la propagación del ruido producido por el movimiento de las aeronaves, y por lo tanto en los niveles de ruido y en la molestia que estos producen en los núcleos habitados de las proximidades.

Actualmente el ruido producido por el tráfico aéreo se suele estimar mediante el denominado  $L_{EPN}$  (Effective Perceived Noise Level) nivel efectivo de ruido percibido, parámetro que se correlaciona con la molestia producida por el ruido de las aeronaves, y que tiene en cuenta el nivel de ruido producido a través de su "ruidosidad" (composición espectral) y la

duración del suceso.

Los  $L_{EPN}$  junto con el número de ocurrencias en un periodo de terminado de tiempo, permiten predecir la respuesta de una comunidad al ruido de aeronaves, a través de los índices:

**NNI** (Noise and Number Index), Índice de ruido y número de operaciones, es un criterio que ha sido desarrollado y utilizado en el Reino Unido. En la legislación española es el utilizado para dar recomendaciones urbanísticas sobre emplazamiento de edificios.

Como guía, se indican a continuación los siguientes valores y efectos:

**NNI**    **Molestia**

10        Se puede producir interferencias esporádicas con la actividad cotidiana en ambientes exteriores

10-35    Interferencia en ambientes exteriores

35-55    Algunas interferencias en el interior de los edificios de vivienda.

55-65    Interferencia en la conversación en el exterior de los edificios.

56-75    Interferencia con la conversación incluso en viviendas tratadas acústicamente.

**NEF** (Noise Exposure Forecast), Índice de Predicción de Exposición al Ruido, determina la posible reacción de una comunidad frente a la actividad de un aeropuerto situado en las cercanías. Se utiliza principalmente en los Estados Unidos.

Como guía, se indican a continuación los siguientes valores:

- NEF Reacción comunitaria
- 20 No hay reacción
  - 20-25 Queja esporádica
  - 25-30 Algunas quejas e interferencias en determinadas actividades.
  - 30-35 Quejas generalizadas y posible acción por parte de grupos de las personas afectadas.
  - 35 Muchas quejas y acciones por parte de grandes grupos de personas afectadas.

El índice  $L_{PNeq}$  (Equivalent Perceived Noise Level), Nivel Equivalente de Ruido percibido. Se define el Nivel Continuo Equivalente ( $L_{eq}$ ) de un ruido que varía aleatoriamente en un periodo de tiempo  $T$ , como el nivel de un ruido constante que tuviera la misma energía sonora que aquel durante el mismo periodo de tiempo.

El concepto de nivel continuo fue desarrollado inicialmente en diferentes escalas de evaluación del impacto producido por el ruido de aerognaves en las proximidades de los aeropuertos, sin embargo, su campo de aplicación se extendió rápidamente hacia el campo más general de ruido ambiental independientemente de la fuente sonora causante de él.

## CAPITULO II

\*\*\*\*\*

## EFECTOS DEL RUIDO

El sonido es un elemento importante en la vida del hombre. De una forma natural el ambiente está poblado de numerosos sonidos. Por otra parte, el hombre en el desarrollo de su vida, se auxilia de medios, los cuales llevan consigo, en la mayor parte de los casos, la producción de sonidos. El sonido es una condición necesaria de la vida. Ciertos niveles de ruido crean un ambiente normal, llegando a ser un elemento de fondo el cual se suma al bienestar general de las personas. Cuando estos sonidos en función de su carácter o intensidad constituyen un factor físico desagradable, se los denomina ruidos. En este sentido, el ruido representa un factor físico desagradable, capaz de provocar un desequilibrio en nuestro psiquismo y en nuestra fisiología.

La relación de los seres humanos con los sonidos, su percepción, se produce a través del órgano del oído Fig. 5 . Cuando un sonido llega al oído externo es conducido hasta la membrana del tímpano que, al vibrar, pone en movimiento los huesecillos del oído medio. Como el estribo está fijado a la membrana oval, el líquido de los conductos membranosos del oído interno inicia un movimiento ondulatorio estimulando el órgano de Corti. El desplazamiento de los extremos libres de las células sensoriales produce un impulso eléctrico que discurre a lo largo del nervio auditivo hasta llegar

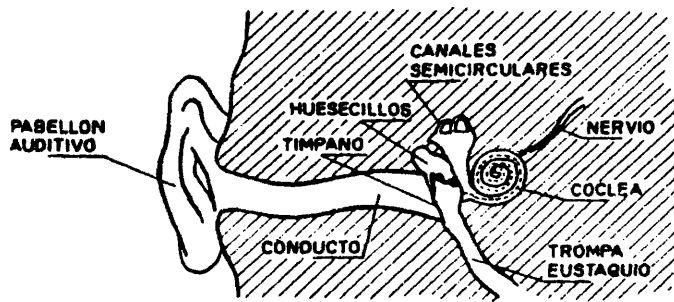


Fig. 5. - Organo de la audición

al cerebro, en donde finalmente es interpretado como sonido.

Los efectos del ruido sobre la salud pueden manifestarse a través de formas distintas y a veces contradictorias. Podemos decir que los efectos del ruido sobre el hombre se pueden dividir en auditivos y no auditivos, entendiendo por los primeros, aquellos efectos que producen alteraciones de la audición, y no auditivos el resto.

## II. 1. ACCION DEL RUIDO SOBRE LA AUDICION

La sordera es el daño común más grave que provoca la exposición al ruido.

En la génesis de la sordera intervienen factores objetivos y subjetivos. La intensidad del sonido es de primordial importancia, pero también influye la composición en frecuencia del ruido (las frecuencias agudas por encima de los 2 kHz son más perjudiciales que las bajas) y la distribución, en el tiempo, de su intensidad.

Se puede realizar una primera clasificación en cuanto a duración de una exposición al ruido y a su intensidad. La exposición a un ruido muy intenso, aunque sea de corta duración, puede llegar al extremo de producir rotura de tímpano, o en menor grado una sordera temporal. En el caso límite de rotura de tímpano, al dolor intensísimo producido por el trauma, hay que añadir la posibilidad de sordera permanente para las altas frecuen-

cías (superiores a 9 kHz).

La sordera temporal es, en general, recuperable en un elevado porcentaje durante las dos horas siguientes al cese de la exposición al ruido; no obstante queda siempre un resto acumulativo. La exposición prolongada al ruido conduce a dos clases de patología auditiva: fatiga auditiva o desplazamiento temporal del umbral de audición y desplazamiento permanente del umbral o sordera.

El desplazamiento temporal del umbral de audición consiste en una elevación del nivel del umbral subsiguiente a una exposición al ruido, existiendo recuperación total al cabo de un periodo de tiempo del orden de 10 días, siempre y cuando no se repita la exposición al ruido.

El desplazamiento del umbral suele alcanzar un máximo para frecuencias superiores en la octava siguiente al tono predominante de la exposición. El desplazamiento suele producirse durante la primera hora de exposición y su amplitud depende del tipo de ruido; ruidos de frecuencias elevadas producen mayores desplazamientos que los de frecuencias bajas a igualdad de intensidad.

Glorig (1961) y otros autores han determinado que un ruido intermitente de frecuencia 4 kHz, presente durante un minuto de cada dos, produce un desplazamiento del umbral mitad que el producido por el mismo ruido continuado. Esto indica ya la conveniencia de periodos de reposo



entre las exposiciones al ruido.

Trittipoe (1958) ha demostrado que la recuperación del umbral de audición es tanto más rápida cuanto mayor ha sido el desplazamiento, existiendo un límite del orden de 50 dB en que ello se cumple. A partir de unos 60 dB la vuelta a la normalidad completa es mucho más lenta, del orden de días, sobre todo para frecuencias superiores a 4 kHz, dando lugar incluso a desplazamientos permanentes del umbral.

La sordera es el daño común más grave que provoca la exposición al ruido, caracterizándose por ser generalmente de percepción, bilateral y simétrica; es causada por lesiones cocleares y tiene como característica determinante una aguda acentuación en el entorno de la frecuencia de 4 kHz. Otra característica es la tendencia a intensificarse en ambientes ruidosos.

En la génesis de la sordera intervienen factores objetivos y subjetivos. La intensidad del trauma sonoro es de primordial importancia, pero también influye la composición en frecuencia del ruido, (las frecuencias agudas por encima de 2 kHz, son más perjudiciales que las bajas) y la distribución en el tiempo de su intensidad. Es más tolerable un ruido continuado, pues al cabo de un minuto de exposición se produce una relajación de los músculos de la cadena osicular por adaptación del área auditiva de la corteza cerebral. Si el ruido es discontinuo y no permite esta adaptación se producen intervalos de tensión y relajación de los músculos,

quedando la coclea sin protección durante las fases de latencia. Si la intermitencia es rápida, del orden de 20 estímulos por minuto, los músculos oscilares se tetanizan produciéndose periodos de relajación total en que el oído queda sin acomodación.

Los principales factores subjetivos son:

**La susceptibilidad individual:** El factor individual en el establecimiento de una sordera, tiene una gran importancia por obedecer a una serie de causas que condicionan una forma peculiar de responder el oído frente a la agresión sonora.

**La edad:** Los individuos jóvenes son más resistentes al trauma sonoro que las personas de más de 45 años.

**El sexo:** Las mujeres tienen mejor audición que los hombres y la diferencia se acentúa al aumentar la edad.

**La patología anterior:** La respuesta del oído al trauma sonoro depende de la constitución otológica del individuo, presentándose casos extremos de sorderas producidas por exposiciones durante cortos periodos de tiempo y de audición perfecta en personas de edad, con todos los estados intermedios.

Los estados patológicos que afectan al oído interno, como otoesclerosis, hiperacusias nerviosas y sorderas producidas por traumatismos craneales, aumentan la incidencia del trauma sonoro. En las otitis crónicas

adhesivas con sordera de transmisión acentuada, el trauma sonoro no llega con toda su intensidad al oído interno y por tanto no es tan perjudicial. Por el contrario, los otorreicos con formaciones políposas, granulaciones y reacciones hiperplásicas, no deben trabajar en ambientes de más de 70 dB.

Niveles de ruido menores que los que causan un trauma acústico puedan producir pérdidas de audición si la exposición al ruido es de suficiente intensidad y duración.

## II. 2. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD

Según la Organización Mundial de la Salud "la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social y no simplemente una ausencia de dolencias y enfermedades". El bienestar viene disminuido por el ruido y por tanto el ruido afecta la salud.

La acción nociva del ruido sobre el organismo humano, dejando aparte las lesiones auditivas, se puede incluir en dos grandes grupos, que incluyen perturbaciones de las reacciones del sistema nervioso central y alteraciones de la respuesta del sistema neurovegetativo que se manifiestan a través de anomalías en las funciones circulatoria, cardíaca, respiratoria, etc... y en la actividad endocrina.

Los estímulos sonoros pasan fácilmente al sistema nervioso central a través del sistema auditivo, dadas la proximidad y vinculación existente entre ambos.

El exceso de ruido produce cefaleas e incluso vértigo. Este extremo ha sido señalado por Bernabí (1953) en trabajadores de minas de borax al sobrepasar el ruido los 130 dB. Uchytíl (1960) ha estudiado el efecto del ruido sobre el órgano del equilibrio. En el 21 % de una población sometida a ambientes ruidosos entre 84 y 110 dB, encontró trastornos subjetivos o espontáneos del equilibrio; al ser sometidos a exámenes neurológicos y a pruebas vestibulares se encontró una influencia del ruido en el 20 % de los casos. En determinadas personas, ruidos tan elevados como los producidos por motores a reacción, pueden provocar nistagmus y oscilaciones involuntarias de los globos oculares. Un ruido excesivo puede tener efecto sobre la agudeza visual, con disminución de la percepción de los colores y de las formas y alterar el mecanismo de acomodación y de los movimientos oculares.

Granati y colaboradores (1959) al realizar un examen neurológico a un grupo de trabajadores sometidos a ruidos de telares, observaron reflejos hiperactivos; en algunos de ellos el examen electroencefalográfico puso de manifiesto una asincronía difusa, semejante a la que se observa en las psiconeurosis o en los trastornos de la personalidad.

Los efectos más importantes sobre el sistema neurovegetativo se refieren a los aparatos cardiovascular, respiratorio y digestivo. Blazekova (1963) ha detectado variaciones de las presiones sistólica y diastólica y del ritmo cardíaco en personas sometidas a ruidos con determinadas composiciones de frecuencia. Mazurkiewicz (1961) ha estudiado la in

fluencia del ruido sobre la circulación sanguínea periférica, encontrando correlaciones entre trastornos circulatorios en los vasos periféricos y ambiente de alto nivel de ruido. El efecto es de vasoconstricción. Sobre el aparato respiratorio se ha observado taquipnea producida por el ruido, cuyo efecto, unido a los cardiovasculares va acompañado de un aumento de consumo de oxígeno.

El aparato digestivo también es afectado por el ruido, habiéndose observado una disminución de la activación gástrica con su consecuencia de náuseas, vómitos, digestiones pesadas, etc., y también molestias hepáticas.

Entre los efectos sobre el sistema endocrino se puede citar el estudiado por Sakamoto (1964) de una acción entorpecedora sobre el funcionamiento del sistema diencefalo-hipofisario.

### II. 3. EFECTOS PSICOLÓGICOS DEL RUIDO.

En el orden psicológico el ruido puede producir sensación de desagradado y de molestia, bien debido a su presencia física o a través de sus implicaciones.

El problema del ruido y su relación con la molestia es de creciente importancia. Los efectos del ruido en la comunidad han producido problemas comunes a todos los países, más o menos industrializados, en todo el mundo.

Aparte de los ruidos de alto nivel considerados como peligrosos para la audición, el ruido es capaz de producir molestia en el receptor aún cuando su nivel sea muy bajo. La molestia depende al menos de los siguientes factores, según H.D. Parbrook:

- a) Cuando más alto es el sonido con respecto al ambiente sonoro más requiere nuestra atención, (dependiendo del tipo de comunidad, ambiente, hora del día, clima).
- b) Sonidos conteniendo componentes de altas frecuencia o muy bajas, son más molestos que sonidos con un espectro más uniforme.
- c) Sonidos de tipo o dirección desconocida, pueden producir reacciones de miedo o de curiosidad. Por ejemplo sonidos de muy baja frecuencia y a muy bajo nivel.
- d) Sonidos conteniendo transitorios agudos, producen más molestia que los graves.
- e) Sonidos que son desconocidos en intensidad o ritmo, producen curiosidad.
- f) Sonidos cerca del umbral de inteligibilidad pueden ser más molestos que si son ininteligibles o completamente inteligibles.
- g) Sonidos no producidos por el trabajo que estamos haciendo, nos resultan más molestos que los originados por éste.
- h) Historia de ruido del oyente, que es necesario conocer para tratamiento adecuado del caso de que se trate.

La molestia del ruido depende por tanto en gran parte del oyente y de sus circunstancias, por lo que el problema de su cálculo es complicado. No existe un método objetivo de medir esta molestia, pero es posible obtener algunos atisbos de ella mediante encuestas de las reacciones de un número significativo de personas.

A base de las respuestas a determinadas preguntas y junto con un detallado análisis del ambiente ruidoso, se pueden obtener índices cuantitativos de la forma en que el ruido interfiere en la actividad humana.

Las principales alteraciones psicológicas que produce el ruido son:

- falta de atención
- aumento de errores
- imprecisión de las respuestas y falta de calidad de las mismas.
- estados de ansiedad
- fatiga

A pesar de los numerosos artículos publicados y de las revisiones realizadas (Broadbent 1957, 71-78; Kryter 1970; Poulton 1970; Miller 1974) sobre los efectos del ruido, no hay unanimidad en cuanto a los efectos psicológicos.

#### II. 4. EFECTO DEL RUIDO DE AVIONES EN LA COMUNIDAD

Numerosas investigaciones recientes han estado encaminadas a conocer las posibles consecuencias psicológicas y biológicas del ruido de aviones sobre el organismo humano. Dentro de estos estudios destacan los análisis sociales referentes a la molestia y a la respuesta de la comunidad al ruido.

La técnica de evaluación consiste en preguntar a la persona que categorice el grado de molestia en una escala desde no molesto hasta extremadamente molesto. Se ha encontrado generalmente que tales respuestas están sujetas a muchas influencias condicionantes, a pesar de ello estas valoraciones directas correlacionan muy altamente con medidas indirectas más sutiles. Estas medidas indirectas pueden ser tales como preguntar a personas acerca del tipo de actividad en la que el ruido les molesta y el grado de perturbación que sufren. La molestia total se calcula a partir de la combinación del número de actividades perturbadas y el grado en el cual lo son. El grado de perturbación total debe tomarse como la suma de promedios de un gran número de individuos, para eliminar las diferencias en sensibilidad al ruido de las distintas personas así como en otras actitudes relevantes psicológicas y sociales.

Los estudios de estudios Griffiths y Langdon (1968) realizados en los grandes aeropuertos de Chicago, Dallas, Denver y Los Angeles y basados en las respuestas suministradas por 4.153 personas a un cues-



tionario, han concluido que el 98,6% de las personas entrevistadas se sienten molestas por el ruido de aviones, en una o mas de sus actividades diarias al menos en algun grado. Las actividades mas afectadas fueron las siguientes: TV y Radio, 21%; conversación 15%; teléfono 14%; descanso fuera de la casa, 13%, descanso dentro, 11%; audición de discos y cassetes, 9%, sueño, 8%; lectura, 6%; comida, 4%.

La interferencia con la educación en las escuelas, objeto de nuestro estudio, no aparece en esta lista, porque únicamente fueron entrevistados los adultos de estas zonas.

Las actitudes de la comunidad ante el ruido, son producto de la compleja interacción de muchos factores tanto objetivos como subjetivos.

La molestia depende, en gran parte, del nivel de ruido, como muestra la Fig. 6. Estas gráficas nos muestran que la medida del grado de molestia entre la población de una determinada area, se puede predecir partiendo de los niveles de ruido medidos. Existe una gran variedad de métodos componentes, que tienen en cuenta al menos algunos de los siguientes factores no necesariamente independientes

- 1) Un esquema para la identificación del ruido
- 2) Los niveles de intensidad y duración
- 3) Número de veces que tiene lugar el ruido
- 4) Nivel de ruido de fondo
- 5) Variación de los niveles de ruido
- 6) Horas del día, tipo de area (urbana, rural, etc)

Un amplio estudio de campo en Escandinavia mostró que la molestia causada por el ruido asociado con los aeropuertos está directamente relacionada con el nº de vuelos (Rylander, Sorensen y Kajland (1972), Mackbnell y Hunt (1966), en un estudio hecho alrededor del aeropuerto de Londres encontraron que el nivel de molestia (medido mediante el número de quejas de

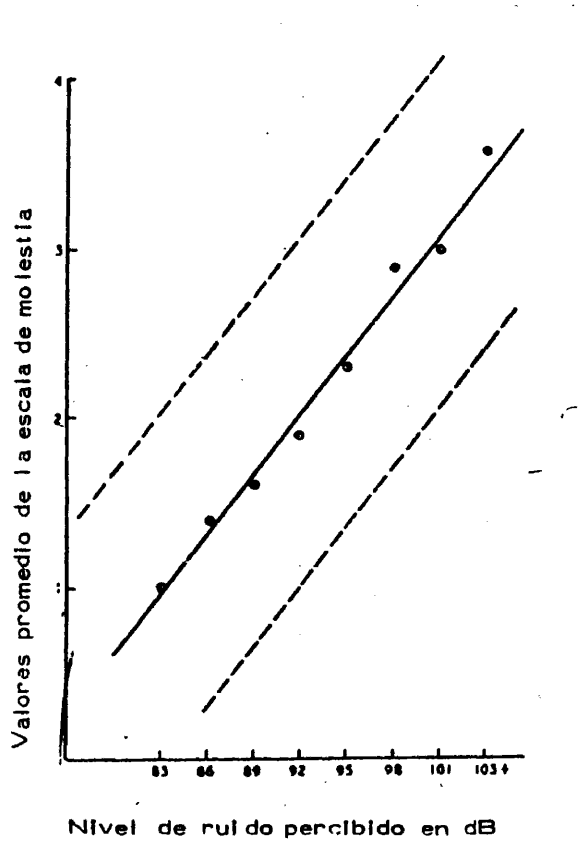


Fig.6 .- Valores promedio de una escala de molestia para personas expuestas a varios niveles de ruido de aviones.

los residentes) aumenta, en relación con el nivel "promedio pico de ruido" (valor medio de los picos de ruido encontrados durante el tiempo de muestreo).

La molestia también depende de factores psicológicos, existiendo varios de tales factores que correlacionan con el grado de la escala de molestia.

Un trabajo encargado por la N. A. S. A. (National Aeronautics In Space Administration) a Tracor Staff (1971) acerca de las respuestas al ruido de aviones, pone de manifiesto que el nivel individual de molestia se puede predecir, si se conoce el nivel de ruido a que se está expuesto en un punto determinado y el valor que se le asigna a siete factores psicológicos de cada individuo, que son en orden de potencia predictiva:

- 1) Miedo a las catástrofes aéreas.
- 2) Distancia al aeropuerto
- 3) Disposición de los individuos a aceptar aumentos en la exposición al ruido de aviones.
- 4) Lugar de residencia.
- 5) Prejuicios de los residentes a no ser atendidos en sus quejas.
- 9 6) Actitudes referentes a la importancia del transporte aéreo.

Ello pone de manifiesto que la actitud individual frente al ruido, depende de una escala de valores subjetiva, lo cual no es sorprendente porque la definición de ruido como sonido no deseado, incluye un juicio de valor. Por ello existe una tendencia a dar tanta importancia a los factores psicológicos como al propio nivel de ruido para predecir la molestia (Kryter 1966).

## 11.5. EFECTO DEL RUIDO DE AVIONES EN LA POBLACION ESCOLAR

Existe numerosa información relativamente coincidente en lo que concierne a los efectos del ruido en los adultos, mientras que no abundan las investigaciones realizadas acerca del ruido en los niños. El estudio del efecto del ruido en el período de desarrollo de los niños constituye un importante problema porque su personalidad, mentalidad y fisiología está siendo formada particularmente durante esta edad, preocupando las consecuencias que se puedan producir al educar a los niños en ambientes ruidosos. Algunos trabajos dan datos demostrando que el aprendizaje tiene mayores dificultades como consecuencia del mayor nivel de ruido en las escuelas, en las áreas de juego y en sus hogares (Mills 1975)

Existe preocupación en que los niveles sonoros y el número de vuelos que soportan diariamente los niños de las escuelas de las poblaciones cercanas al aeropuerto constituyan un riesgo para la audición y el rendimiento escolar.

Por otra parte la exposición a ruidos no esperados (sobrevuelo de aviones) conduce a efectos más adversos que la exposición a ruidos esperados (Sanders, 1961), debido a que aparece un factor psicológico de impredeción que puede llegar a ser más importante que los parámetros físicos del ruido (tal como su intensidad sonora) para las perturbaciones que se observan después de una exposición al ruido.

En orden a examinar los efectos del ruido de aviones en niños ANDO y NAKANE (1975) realizaron un experimento con 1.144 niños de escuelas elementales parte de los cuales vivían alrededor de un gran aeropuerto con niveles de ruido de aproximadamente  $90 \pm 5$  dB (A) y parte en un área silenciosa.

Los resultados mostraron que los niños que vivían en zonas afectadas por el ruido de aeropuertos tendían, cuando ejecutaban tareas, a sufrir ocasionalmente cortos periodos en los cuales su producción era sustancialmente inferior a su promedio de trabajo propio. Esta diferencia no aparecía en los niños del área silenciosa aún cuando se les estimulase con ruido durante las pruebas. Los resultados encontrados fueron independiente del sexo de los sujetos y del sentimiento de los sujetos acerca del ruido de aviones.

John H. Mills (1975) de acuerdo con los trabajos de Miller (1974) refieren que repetidas o continuadas exposiciones de ruido durante el llamado "periodo típico de desarrollo" puede afectar la adquisición de la palabra, del lenguaje, de la conversación, así como la lectura y la habilidad para escuchar debido a que los niños durante esta etapa de la vida requieren buenos modelos de lenguaje así como una adecuada situación para que éste se desarrolle. Es lógico suponer que niveles ambientales elevados de ruido puede reducir el número de conversaciones así como el contenido, calidad y fidelidad de las mismas.

En esta misma línea Wachs Uzgiris y Hunt (1971) exponen como resultado de sus investigaciones que el desarrollo psicológico incluido el desarrollo de la palabra, lenguaje y atención, son todos afectados negativamente por altos niveles de ruido.

Crook y Longdon (1974) estudiaron la influencia del ruido del aeropuerto de Heathrow (Londres) en las actividades docentes de un determinado número de escuelas cercanas a dicho aeropuerto. El principal cambio observado fue la conducta derivada de la interferencia del ruido con la comunicación, incidiendo en la pérdida de fluidez en las lecciones. Muchos profesores manifestaron que el ruido del aeropuerto les obligaba frecuentemente a la interrupción de la lección o de las actividades que se estaban desarrollando alterando el proceso de la enseñanza a la vez que tenían que poner un mayor esfuerzo para vencer tales dificultades.

Los sobrevuelos con niveles sonoros de pico por encima de los 70 dBA constituían causa apreciable de descontento. Los profesores declaraban que cuando el nivel de ruido era alto ellos y sus alumnos se cansaban más, se encontraban más irritables y padecían dolor de cabeza. Los alumnos a su vez estaban más bulliciosos, menos inclinados a trabajar y mantenían peor comportamiento, de tal forma que estos efectos tomados conjuntamente podían concebirse como provocadores de un descenso general en el ritmo educativo de la clase, incidiendo en:

- disminución del ritmo de adquisición de conocimientos.
- frecuentes cambios de profesorado
- poco atractivo de dichas escuelas para el profesorado
- disminución de la atención

En un estudio llevado a cabo por la National Academy of Sciences en la ciudad de Englewood, California, el efecto del ruido de aviones sobre el aprendizaje escolar fue tan notable que obligó a construir nuevas escuelas en lugares más tranquilos. Un profesor explicó que las interrupciones en el aprendizaje no eran afectadas únicamente por el tiempo que el avión necesitaba para pasar sino también el tiempo que tenía que transcurrir después de cada sobrevuelo para centrar al estudiante en lo que hacía, antes de la interrupción.

Zbigniew Koszarny (1978) obtiene las siguientes conclusiones acerca de los efectos del ruido de aviones en el trabajo intelectual de los escolares como resultado de las investigaciones realizadas con un grupo de ciento treinta y ocho niños, cuyas edades oscilan entre doce y trece años, los cuales vivían en un área afectada por ruido de aviones. Este estudio compara los resultados obtenidos por el grupo anteriormente citado con los de otro grupo de escolares, ciento cuarenta y siete niños, que vivían en un área relativamente silenciosa:

19. El ruido de aeropuertos ejerce una influencia negativa en el proceso psicológico de los niños que viven en los alrededores del aeropuerto

- 2º. Durante un stress acústico de corta duración se observó una reducción en la ejecución de todos los niños examinados.
- 3º. El alcance de estos disturbios depende del tipo de funciones examinadas, de las dificultades de la tarea y de las características de personalidad.
- 4º. Fueron observados también un decrecimiento en la ejecución psicomotriz así como ciertos desórdenes en los procesos de atención en especial cuando fueron examinadas las funciones que requerían una atención dividida.
- 5º. Existe cierta adaptación al ruido cuando se trata de realizar funciones psicomotoras pero esta adaptación es menos evidente, incluso en algunos casos no existe, cuando se examinan procesos psicológicos más complicados.

Nuestro trabajo tiene por objeto contribuir a la evaluación de las posibles influencias que el nivel de ruido de aviones que soportan los escolares de la zona próxima al aeropuerto pueda tener en el rendimiento de una tarea de tipo intelectual. A la vez se pretende evaluar las posibles variaciones del nivel de ansiedad como forma de reacción del organismo a dicho tipo de estimulación intensa como consecuencia del esfuerzo mental entablado por los sujetos en el proceso de adaptación a dicho estímulo.

El estudio incluye una investigación de la posible influencia del ruido ambiente en la audición de los escolares sometidos durante un período



de tiempo del orden de 10 años, al objeto de conocer si el ruido que soportan tiene una influencia directa sobre el órgano de la audición y esto interfiriera con el estudio de otros posibles efectos al producir determinado enmascaramiento.

### CAPITULO III -----

#### AUDICION Y RUIDO

La importancia que tiene el sentido de la audición en el hombre viene dada por el hecho de poner a éste en relación con el ambiente y la sociedad, disminuyendo o llegando casi a desaparecer esta relación, cuando se alcanza la sordera. El órgano auditivo relaciona al hombre con el medio ambiente, le pone en contacto con los demás, es el ORGANO DE RELACION.

El sentido de la audición está íntimamente ligado a la personalidad humana en relación con las funciones psíquicas del individuo, y fundamentalmente unido a la emisión y percepción de la palabra, que es la más elevada del hombre. El trastorno (disminución de la audición o sordera) es lógico que repercuta en estas funciones, dando lugar a una alteración en la esfera de su psiquismo.

El buen funcionamiento auditivo toma parte en toda actividad humana, siendo necesaria una normalidad de dicho sentido para mantener adecuadamente las actividades sociales, ya que cuando surge una deficiencia funcional se ve como la disminución de la función sensorial lleva consigo un cambio en la actitud y actividad de todo individuo.

### III.1. CAMPO AUDITIVO NORMAL

El umbral auditivo normal puede definirse como el umbral equivalente correspondiente a un número suficientemente grande de personas otológicamente normales, con edades comprendidas entre 18 y 30 años inclusive.<sup>1</sup>

Si se hace oír a una persona un sonido de una frecuencia determinada, con una intensidad creciente a partir de 0 dB, llega un momento en que el oído empieza a percibir el sonido, es el umbral de audición mínimo. Si la intensidad se sigue aumentando, se alcanzará el umbral del dolor. Más allá del "umbral de audición máximo", la vibración acústica no se percibe - en forma de sonido, sino de dolor.

Si se repite la experiencia anterior con toda la escala tonal y se escriben los resultados en un gráfico en el que están expresados en ordenadas, la intensidad en decibelios y en abscisas la frecuencia, obtendremos el gráfico de Wegel (Fig. 7) y el cual nos muestra:

- a) La curva de umbral de audibilidad mínima, que es aproximadamente parabólica, con una zona óptima para las frecuencias 1000 a 2000.

---

(1) Se consideran personas otológicamente normales aquellas con un estado de salud normal, sin síntomas de enfermedades auditivas con el conducto auditivo libre de cerumen y que no hayan estado excesivamente expuestos a ruidos en el pasado.

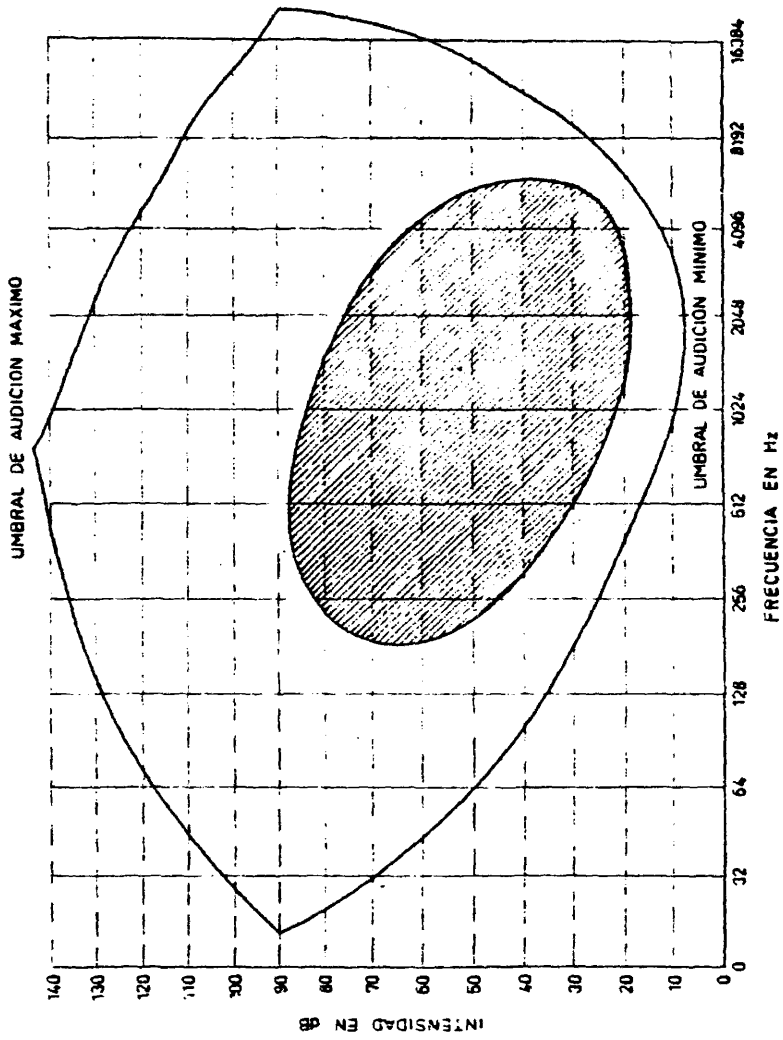


Fig. 7. - Campo auditivo normal.

- b) La curva de umbral de audibilidad máxima asimismo aproximadamente parabólica, de concavidad inferior, con una zona óptima para las frecuencias 1000 a 2000, que desciende en ambos extremos para encontrar la curva de audibilidad mínima para las frecuencias bajas de 16 Hz para las altas en 18000 Hz aproximadamente. Si la frecuencia es más baja de 16 Hz se dice que se trata de infrasonidos, si es más elevada, superior a 18000 Hz, se trata de ultrasonidos.

### III. 2. COMPROBACION DEL ESTADO DE AUDICION

Si la audición humana, tomando como base la conocida gráfica de Wegel, tiene "un campo auditivo normal", delimitado, de una parte, por el "umbral de mínima audición", y por otra, por el "umbral de audición dolorosa", y dentro del mismo una zona que pudieramos denominar zona noble, constituida por la zona conversacional, quiere decir que el estudio, tratamiento y posible corrección de las alteraciones que reduzcan la audición del individuo en esa zona conversacional será de máximo interés, dado que en la misma se desenvuelve, en cuanto a frecuencias e intensidades se refiere, la comunicación hablada, y por tanto es fundamental su estudio para la evaluación del valor social de la función auditiva.

El estudio de las posibles alteraciones otológicas se hace mediante técnicas de exploración audiométrica. Entre estas exploraciones

príman por su importancia e interés, la audiometría tonal para determinar el umbral de tonos puros y la audiometría vocal, como prueba para determinar el umbral de percepción del lenguaje.

Estas pruebas audiométricas se consideran como la batería de pruebas básicas o pruebas audiométricas corrientes. Con los resultados de estos ensayos se puede llegar a concluir que existe un trastorno en la audición. Debido a la trascendencia de las decisiones que resultan de la evaluación audiológica básica, esas pruebas deben ser efectuadas muy cuidadosamente. Las bases fisiológicas subyacentes deben ser claramente comprendidas y los resultados deben ser interpretados correctamente.

### III. 2. 1.- Audiometría tonal

La audiometría tonal consiste en buscar los umbrales mínimos de audición. Tiene como fin determinar las pérdidas auditivas y valorar su cuantía con relación a determinadas frecuencias, fijadas de antemano. Su nombre se debe al hecho de utilizar, como señal de medida, tonos puros.

El gráfico sobre el que se inscriben los resultados de la audiometría recibe el nombre de gráfico clínico (Fig. 8). Está calculado en forma de pérdida de audición con relación al umbral normal. En el eje de abscisas se anotan las frecuencias que, normalmente cubren un margen que va desde 125 Hz a 8000 Hz. El eje de ordenadas está dirigido hacia abajo y está calibrado en decibelios con relación al umbral normal, es decir, en pérdida de audición.

Para cada frecuencia interrogada, la cifra obtenida para el umbral mínimo del sujeto no es la intensidad con relación al cero decibelios de Wegel, sino la diferencia entre la intensidad y el umbral normal, es decir, la pérdida auditiva en decibelios.

Para la realización de pruebas audiométricas es necesario aislar al oyente del ruido ambiente, por lo que se requiere una cámara apropiada donde exista un nivel bajo de ruido. Para ello existen las cabinas audiométricas que es un recinto con un tratamiento acústico adecuado, que proporciona un bajo nivel de ruido. La Asociación Internacional de Normalización ANSI (American National Standards Institute) en su norma ANSI 53-1977 especifica los criterios de ruido ambiente permisible durante la realización de las pruebas audiométricas. Cuando no se puede disponer de una cabina apropiada se realizará el ensayo situando al oyente de forma que no pueda ver las manipulaciones del operador en el audiómetro, y, después de luego, en un lugar donde no exista perturbación debido a ningún tipo de ruido.

En la realización de una audiometría como primer estímulo se elige el tono de 1000 Hz. Este se envía durante dos o tres segundos, a una intensidad suficiente como para que el paciente la identifique. Después, a partir de 0, se aumenta la intensidad de 5 en 5 dB hasta que el sujeto responda (umbral ascendente). Esta operación se realiza dos o tres veces para verificar la respuesta. Algunos autores consideran que la búsqueda

del umbral ascendente es más precisa que la del umbral descendente.

La respuesta será dada por el oyente mediante un pulsador que, al ser accionado dará lugar a una señal luminosa en el cuadro del audiómetro, indicando al operador que ha sido captada la señal acústica.

Obtenido el valor umbral para los 1000 Hz se seguirá el mismo procedimiento hasta obtener el de las demás frecuencias agudas. Finalizadas éstas es conveniente repetir la de 1000 Hz y después ir bajando sucesivamente hasta obtener los valores umbral del resto de las frecuencias graves.

Si en el examen audiométrico dos de estas frecuencias sobrepasan un umbral de 20-25 dB, o de 30 dB en una frecuencia, hay motivo para suponer la existencia de un trastorno auditivo necesitado de tratamiento.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) en la norma R. 1999 indica que la dificultad para la inteligibilidad de la palabra comienza cuando la media de los niveles de audición en las frecuencias 500, 1000 y 2000 Hz iguala o supera los 25 dB.



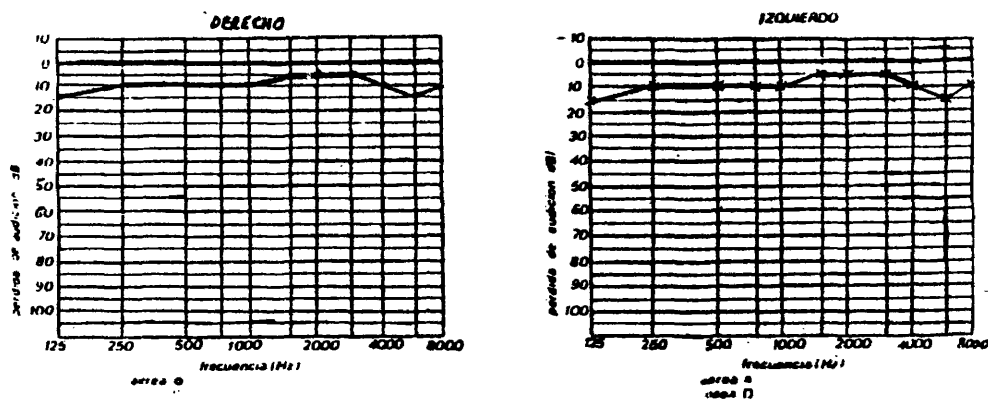


Fig. 8. - Gráfico en el que se inscriben los resultados de la audiometría tonal.

### III. 2. 2. - Audiometría vocal

Para el desarrollo de un habla y lenguaje normales es precisa una audición normal. El diagnóstico de los trastornos de la comunicación relacionados con problemas auditivos se ve influido por variables como la edad de instauración, la duración de la pérdida y el estado general del sistema auditivo. Estas variables afectan a la cantidad de estimulación verbal recibida. La estimulación verbal es el pilar básico sobre el que se erige la estructura del lenguaje. Por regla general, cuanto más tardía haya sido la edad a que se instauró la pérdida auditiva, mayores proporciones tendrá la estructura interna del lenguaje. Una persona que posee dicha estructura utiliza su información lingüística para interpretar las nuevas estimulaciones o entradas verbales y de lenguaje. Incluso, el uso limitado de dicha información lingüística resulta notablemente beneficioso para algunos individuos;

pero una información lingüística limitada también complica la determinación de las limitaciones actuales. Pérdidas auditivas leves y moderadas, por ejemplo, de 20 a 50 dB, tienen como resultado una percepción incompleta del lenguaje. Incluso pérdidas leves originan dificultades para oír el habla conversacional. En la fig. 7 pág. 43 en la que está representado el campo auditivo, se observa, en trazo rayado, el área correspondiente a la zona conversacional.

Puede verse que un individuo que sólo tenga una leve pérdida en sensibilidad deja de percibir una porción considerable de la energía del habla conversacional. Casi toda la comunicación humana se lleva a cabo verbalmente. En consecuencia, el grado en que un deterioro auditivo interfiere con la capacidad de una persona para escuchar a los demás es una indicación de su minusvalía auditiva. Dicha minusvalía es la desventaja impuesta por un defecto suficiente para afectar la eficacia personal en las actividades del vivir cotidiano (Davis y Silverman, 1970). Aunque los resultados de las pruebas audiométricas de tonos puros aclaran bastante todo lo relativo a la percepción verbal y a la eficacia en la inteligibilidad, son tan sólo predictivos. La audiometría tonal nos indica las particularidades de la audición referidas a frecuencias e intensidades, pero no nos proporciona datos eficientes sobre la audición de la voz humana, es decir, no nos informa del aspecto funcional del oído referido a la palabra hablada, de la capacidad de comprender el lenguaje. Para obtener una medida más directa de esta habilidad se puede emplear como estímulo auditivo el habla, en lugar de los tonos puros. A partir

de este principio surgió la audiometría verbal, la cual permite la presentación sistemática de estímulos verbales, cuidadosamente seleccionados a través de un sistema de comunicación calibrado y un medio ambiente controlado.

Por otra parte sabemos la importancia que tiene el ambiente ruidoso en el desarrollo y entendimiento del lenguaje.

John H. Mills (1975) considera lógico suponer que ambientes muy ruidosos pueden reducir el número de conversaciones así como el contenido, la calidad y la fidelidad de la conversación.

La exposición repetida o continuada a altos niveles de ruido por meses o años durante el llamado "periodo típico de desarrollo" puede afectar la adquisición de la palabra, del lenguaje conversacional, así como la lectura y habilidad para escuchar (atender) en general (Wachs, Uzgrlis y Hunt, 1971).

Mediante la audiometría vocal se explora una función compleja (la audición) que nos permite conocer la inteligibilidad y las posibilidades de comprensión del individuo para la palabra hablada. Por ello, podemos considerar como aspecto fundamental de la audiometría vocal, la determinación del umbral de percepción y la del umbral de inteligibilidad.

En la audiometría vocal tratamos de encontrar los niveles auditivos de detección y discriminación de la palabra, es decir, la inteligibilidad de cada individuo para el mensaje hablado, estableciendo con los resul-

tados obtenidos los porcentajes correspondientes en relación con las intensidades precisas a cada nivel para la más correcta discriminación.

No podemos olvidar que la función auditiva actúa como intermediaria entre la transmisión de la información y el reconocimiento de la misma. Por ello en este tipo de audiometría se exploran no sólo los parámetros sensoriales fisiológicos acústicos, sino, además, los neurológicos y los psicológicos, ya que estos últimos actúan para la percepción e identificación del mensaje. Es decir, que si en la audiometría tonal investigamos el funcionamiento del órgano periférico, en la logaudiometría exploramos el sistema psicofisiológico de la simbolización lingüística, completando con ello el estudio audición-comprensión.

Portmann (1972) define la audiometría vocal como el estudio global sintético de las posibilidades auditivas y de inteligibilidad para la palabra.

Decroix (1972) la define como un test psico-fisiológico, dado que sus bases se fundan en las leyes del reconocimiento de los parámetros de la percepción.

El principio de los exámenes de la Audiometría vocal consiste en hacer llegar al oyente, por medio de auriculares o altavoces, listas de palabras equilibradas fonéticamente, para representar la frecuencia con que se repiten los sonidos en el idioma habitual, variando la intensidad de emisión.

para cada una de las citadas listas, debiendo repetir el oyente aquellas que entienda.

La relación entre inteligibilidad e intensidad de emisión se representa en una curva donde en ordenadas se expresa el porcentaje de inteligibilidad y, en abscisas, la intensidad o NPS en decibelios (Fig. 9)

Para la obtención de curvas de inteligibilidad es necesario disponer de listas de palabras adecuadas y de instalaciones que permitan presentar la voz a intensidades diferentes y en distintas condiciones.

Los ensayos, tanto si se realizan por medio de auriculares como en campo libre, requieren que el oyente esté aislado del ruido ambiente.

El estudio de la inteligibilidad comprende dos tipos de problemas, físicos y psicofisiológicos. El aspecto físico incluye el conocimiento de las características de la palabra, intensidad, margen de frecuencia, ruido de fondo, etc. Los problemas de tipo psicofisiológico son: la formación lingüística del oyente, su estado de audición y las circunstancias psicofisiológicas del momento.

Las pruebas de inteligibilidad se clasifican de acuerdo con el material fonético empleado en ensayos con logatomos, palabras monosilábicas y con frases.

Los ensayos con logatomos (monosílabos sin significado) se emplean generalmente en telefonometría.

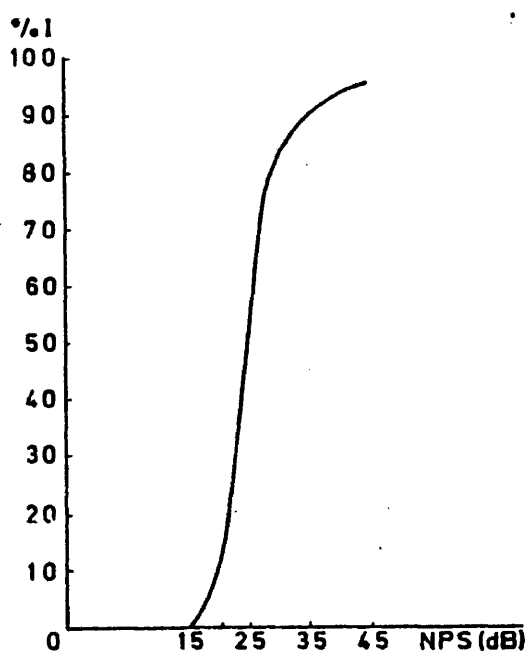


Fig. 9.- Gráfica tipo que representa la Inteligencia normal.

Las palabras monosílabas y bisílabas se emplean generalmente para hallar el umbral de inteligibilidad y el porcentaje máximo de inteligibilidad.

Cada palabra componente de un test debe reunir las siguientes características: tener el mismo número de sílabas, no inducir a equívoco, formar parte del vocabulario usual del oyente y poseer una pronunciación fija. Los grupos de palabras deben ser representativos de los fonemas del lenguaje y presentarse en la misma frecuencia que en éste.

Por medio de un ensayo de inteligibilidad se pueden deducir los siguientes conceptos:

- Umbral de inteligibilidad: Intensidad vocal a la que el oyente puede repetir el 50% de las palabras que le son presentadas.
- Umbral de detectabilidad: Intensidad a la que el oyente detecta la señal pero no puede reconocerla.
- Umbral de perceptibilidad: El oyente empieza a reconocer el sonido vocálico sin comprender enteramente el lenguaje.
- Máximo de inteligibilidad: Porcentaje máximo alcanzado en el ensayo.
- Umbral de distorsión: Nivel de intensidad vocal que corresponde al punto en que la curva de inteligibilidad en función del NPS empieza a decrecer, en el caso de que esto ocurra.

### III.3. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL SENTIDO DE LA AUDICION

La exposición prolongada a un ruido de suficiente intensidad y de una determinada duración puede causar daño en la audición por lesiones de mayor o menor gravedad, en el oído interno (Fig. 10).

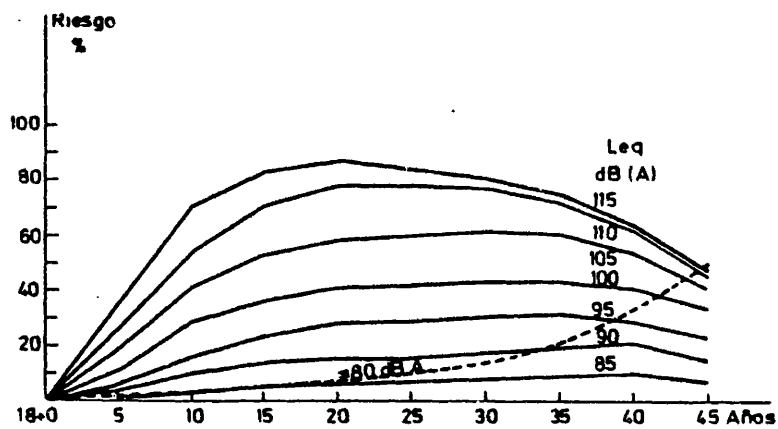


Fig. 10. - Riesgo de déficit auditivo en función del nivel sonoro continuo equivalente (respuesta lenta) y los años de exposición.

Hay dos tipos principales de pérdida auditiva inducida por el ruido, la que ocurre gradualmente durante un período de años y la que puede atribuirse a un período breve, pero intenso de exposición al ruido. Este último es el que se denomina, generalmente, trauma acústico.

La exposición al ruido produce, al mismo tiempo, efectos tem-



porales y efectos permanentes, que consisten en cambios morfológicos, bioquímicos y electrofisiológicos característicos en uno o más elementos de la vía acústica, desde el tímpano hasta la corteza cerebral.

Existe numerosa información relativamente coincidente en lo que concierne a los efectos del ruido en los adultos, estando bien establecido que la exposición al ruido de suficiente nivel durante determinados periodos puede producir un desplazamiento temporal del umbral de audición (T. T. S.), o daño permanente o pérdida de la audición.

Las características a considerar de un ruido a efectos de determinar la posible pérdida traumática de la audición, por su exposición a él son: intensidad, espectro y duración del ruido.

### III.3.1.- Intensidad del ruido.

El establecimiento de una sordera viene dado por la relación  $I \times T$  (intensidad por tiempo) en la que el factor tiempo juega un importante papel, lo cual significa que un traumatismo sonoro puede sobrevenir por audición de un sonido de duración muy breve (T pequeño), si la intensidad es muy grande (I muy importante) o, a la inversa, por la audición de un ruido de intensidad relativamente pequeña (I poco importante), si su duración es muy prolongada (T muy grande) Fig. 11)

Cuando el ruido, en función de la intensidad y el tiempo, actúa sobre el oído, llega a producir un traumatismo auditivo irreversible, por

lesión también irreversible del órgano de Corti. El traumatismo sonoro se ha hecho extremadamente frecuente. Puede resultar de la audición de sonidos de duración muy corta, pero de intensidad muy grande (detonación) y de la audición de sonidos continuos e intermitentes de intensidad relativamente fuerte.

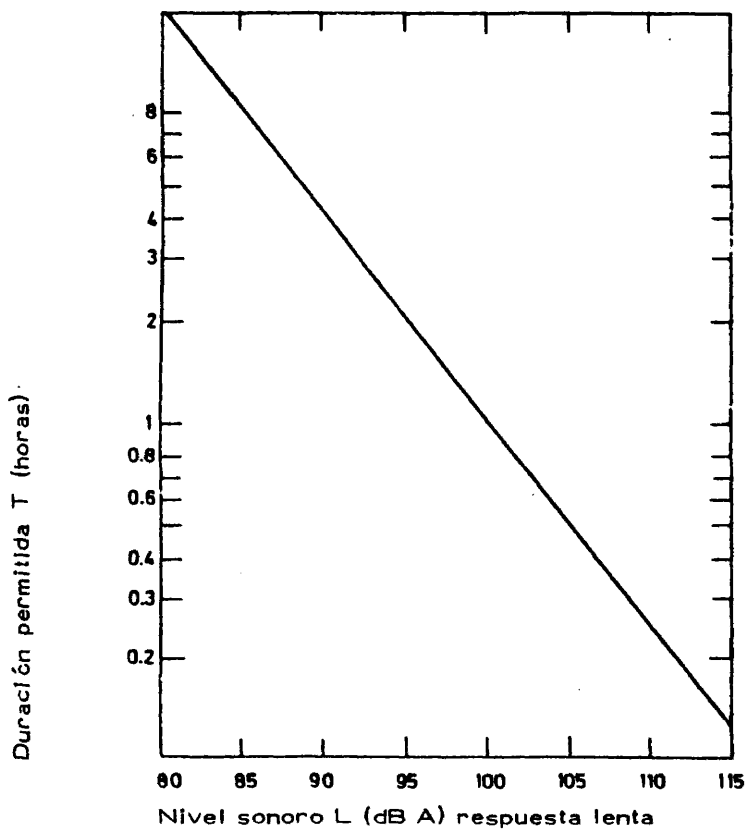


Fig. 11.- Exposición máxima permisible al ruido, en función del nivel sonoro (respuesta lenta).

### III. 3. 2. - Espectro del ruido

Si se descompone el ruido blanco en bandas de octava se demuestra que la fatiga aparece en las bandas superiores a los 2000 c/s siempre que la intensidad supere los 80 dB.

Otros autores, indican que cuando la intensidad no sobrepasa los 80 dB, no existe peligro para el oído, aconsejando la protección auditiva cuando el ruido esté entre 250 y 4000 Hz siempre que alcance más de 90 dB.

### III. 3. 3. - Tiempo de exposición al ruido

El factor tiempo, es de la mayor importancia en la instauración de una sordera, no se puede establecer un número determinado de años de permanencia en ruido intenso para producir lesión coclear, puesto que con el mismo tiempo y el mismo ambiente ruidoso, los individuos reaccionan de una forma distinta, y así encontramos casos de oídos muy vulnerables los cuales al poco tiempo de estar sometidos a la acción del ruido, sufren un daño irreparable, estableciéndose una pérdida auditiva muy importante; mientras que en otros, debido a la existencia de una "inmunidad natural contra el ruido" que presentan algunas personas, a pesar de llevar unos años en este ambiente, apenas se modifica su perfil audiométrico presentando una ligera pérdida en la frecuencia de 4000 Hz y manteniendo intactas las frecuencias conversacionales.

En general podemos decir que para que se instaure un traumatismo acústico es necesario que la intensidad del ruido alcance, como mínimo, los 85 dB, señalando esta cifra de 85 dB como límite inferior de la zona crítica y siempre que la permanencia en estos ambientes sea de una forma continuada.

La manifestación audiométrica clásica de pérdida auditiva producida por el ruido y de trauma acústico es una pérdida moderada de la sensibilidad en la frecuencia de los 4000 Hz (Fig. 12). Con mayores exposiciones, la pérdida tonal en 4000 Hz se hace más profunda ampliándose a las frecuencias contiguas siendo afectadas las agudas más temporalmente que las graves, llegándose a la pérdida total de la percepción de las zonas agudas. Después de este estadio, las frecuencias graves se van afectando cada vez más, pero es típico que siempre la pérdida auditiva sea más importante en las frecuencias altas que en las graves.

La pérdida máxima tiende a ocurrir en la proximidad de los 4000 Hz, aunque la energía del sonido esté más concentrada en las frecuencias graves. Una primera explicación de este hecho fue que las células ciliadas en la zona de 4000 Hz fueran más susceptibles al ruido que los restantes. Lehnhardt (1965) refutó este concepto, mostrando que la fatiga y recuperación auditivas a 4000 Hz no eran diferentes de la fatiga y recuperación a otras frecuencias. Explicó este fenómeno basándose en el hecho conocido de la distribución asimétrica de la amplitud de desplazamiento de

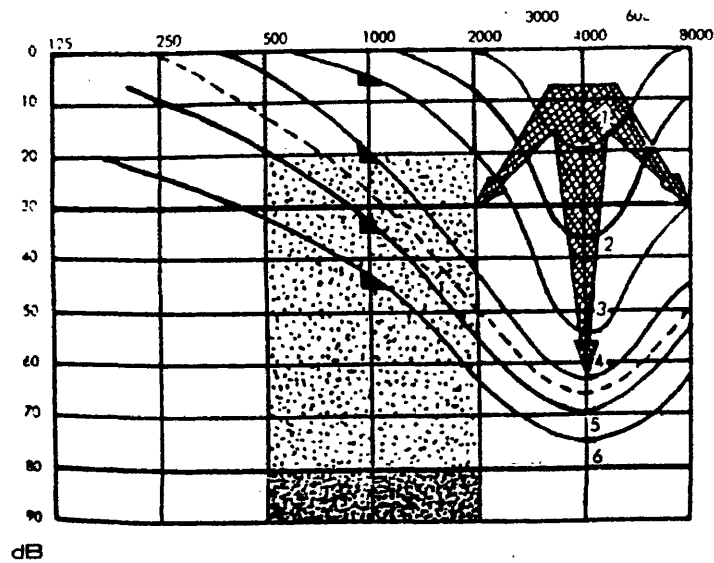


Fig. 12.- Audiometría tonal. La pérdida no es sensible al comienzo más que sobre los 400 c/s (1). La caída se profundiza más en el sentido de la flecha vertical, entrañando un déficit progresivo, más o menos simétrico sobre las frecuencias adyacentes 2000 y 8000 (2-3). Posteriormente las frecuencias medias son lesionadas (4) y finalmente todo el espectro se profundiza (5-6) lo que provoca una disminución cada vez más acentuada de la capacidad conversacional.

la membrana basilar. Las regiones de la membrana basilar cuya frecuencia característica es más alta que la frecuencia del tono que estimula (es decir los elementos más cercanos a la ventana oval) son agitados más vigorosamente que las regiones que tienen unas frecuencias de características más bajas. Así todos los componentes del ruido por debajo de 4000 Hz, contribuirán a la actividad en la región de los 4000 Hz y, por consiguiente sumarán sus efectos.

### III.3.4.- Audición en la edad infantil

"El oído es el órgano de la educación" escribió hace siglos Aristóteles. Actualmente los conocimientos que se poseen acerca del carácter innato del aprendizaje del habla en el hombre, permiten afirmar que "el oído es el órgano de la adquisición del lenguaje".

La secuela más importante de la pérdida del oído es su influencia sobre la comunicación. Cuanto más se retrase la estimulación del lenguaje, menos eficaz será la solución para adquirirlo. En el desarrollo de las funciones biológicas existen periodos críticos, los cuales determinan que el logro del habla dependa de una cronología precisa. Un niño que esté privado de estimulación fonética adecuada durante sus tres primeros años, no alcanzará el máximo de sus posibilidades de expresión. Por ello, una audición normal es de vital importancia para el desarrollo, desde el nacimiento, de esa cualidad exclusivamente humana que es el habla. Goetzinger (1964), Kodman (1963) Ling (1972) y Quigley (1970), han estado insistiendo sobre el papel que deficiencias auditivas mínimas, pueden ejercer sobre los niveles de rendimiento escolar, atribuyendo a pérdidas auditivas menores algunos problemas educacionales.

El ambiente ruidoso puede afectar adversamente a personas de todas las edades (Robinson, 1968; Roche, 1978; Krichagin, 1978) requiriendo especial atención los efectos que pueda causar en los niños, ya que estos

pueden diferir de los adultos en su susceptibilidad al ambiente ruidoso, pudiendo estar expuestos a tipos de ruidos no reconocidos generalmente como causantes de daño en la audición de los adultos, pero que pueden afectar a aquéllos, ya que en ciertas etapas de su crecimiento se encuentran más sensibles y vulnerables al stress, unido ello además al hecho fisiológico de tratarse de un órgano en desarrollo en un caso frente a un órgano desarrollado en el otro. Tales diferencias podrían hacer prever respuestas diferentes en una y otra etapa de la vida. Es por ello que numerosos estudios han profundizado en tales aspectos.

Realizamos a continuación una reseña de las conclusiones principales a que se ha llegado en lo que pudiera considerarse como estudios más relevantes.

Existen numerosas investigaciones concernientes al efecto del ruido en los adultos (Miller, 1974; Burns, 1973; Kryter, 1971; Ward y Fricke, 1968). Está bien establecido que la exposición a ruidos de suficiente nivel durante cierto periodo de tiempo, puede producir desplazamiento temporal del umbral, incluso daño permanente o pérdida de la audición.

Existen razones que inclinan a creer que los criterios que se usan para determinar los efectos del ruido en los adultos, puedan no ser entera o parcialmente aplicables a los niños (Mills, 1975). Los adultos y

niños presentan diferencias respecto a las dimensiones y configuración de la cabeza y oído externo, incluyendo el canal auditivo externo, lo que puede afectar a la transmisión del sonido desde el medio ambiente a la membrana del tímpano.

Del mismo modo, los cambios en la cadena osicular, junto con las variaciones en el desarrollo de la membrana del tímpano, pueden alterar el mecanismo transformador del oído medio de modo diferente en los adultos y en los niños.

Las diferencias entre la cóclea del niño y la del adulto, pueden tener implicaciones cuando se trata de pérdidas de audición producidas por ruido. La cóclea de un recién nacido tiene completamente intactas el conjunto de las células ciliadas interiores y exteriores, mientras que la cóclea de un joven a un adulto ha perdido gran número de estas células especialmente las externas (Bredberg 1968). La degeneración de las células sensoriales es un proceso continuo que comienza en los primeros meses de la vida.

Szemeja (1975) ha comprobado que la exposición de un niño durante su vida fetal al ruido origina desórdenes en la función del órgano vestibular, encontrándose cambios funcionales estructurales o histológicos.



Experimentalmente se ha comprobado que la exposición a ruidos elevados produce más daño histológico en cobayas jóvenes que en adultas (Jauhialnen 1972), y que las crías de gatos pierden más audición que los gatos adultos cuando están expuestos a niveles altos de ruido (Price 1976).

Aunque existen numerosos estudios que muestran que los niños son más susceptibles a padecer pérdidas de audición que los adultos desafortunadamente los hechos no están claros.

Un estudio realizado por H. E. von Hierke (1973) y por la Environmental Protection Agency (1974) no hace consideraciones acerca de las diferencias entre niños y adultos.

Harris (1967), en un estudio realizado con niños de edades comprendidas entre 3 y 13 años, comprobó que la magnitud del desplazamiento temporal del umbral, no era sustancialmente diferente que la contraída por los adultos expuestos bajo idénticas condiciones de ruido.

Bess y Powell (1972) seleccionaron un grupo de niños con el objeto de estudiar el desplazamiento temporal del umbral producido por ruido de aviones. Los resultados encontrados no demostraron claramente que los niños fueran más, menos o igualmente afectados que los adultos.

Comprobamos, pues, que no existe una verificación clara acerca de los efectos de la edad en el desplazamiento temporal del umbral y la pérdida de audición inducida por ruido, siendo ambos hechos esencialmente poco conocidos.

Por ello, la polémica sobre la posible existencia de una mayor susceptibilidad al ruido en los niños queda abierta.

## CAPITULO IV

\*\*\*\*\*

## EFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL RENDIMIENTO

Entre los efectos del ruido, su posible influencia sobre el rendimiento humano es uno de los más controvertidos y el que tiene planteada una problemática más compleja. Por esta razón un considerable número de investigaciones (Broadbent 1957; Burns 1968; Cohen 1969; Kryter 1970 etc.) se han realizado destinadas a comprobar el posible efecto adverso del ruido respecto a la capacidad de llevar a cabo tareas mentales o manipulativas. Los primeros estudios sobre los efectos del ruido en actividades como aprendizaje, lectura comprensiva y tests de rendimiento intelectual, fueron, a menudo, frustrantes ya que los resultados no permitieron conclusiones definitivas. Consecuentemente, muchas de las investigaciones recientes sobre el ruido han puesto énfasis en tareas más sencillas, con el fin de obtener resultados más claros y han intentado profundizar en procesos cognoscitivos más fundamentales tales como: vigilancia, rapidez de respuesta (T.R.), rapidez de inspección visual y habilidad para resolver problemas aritméticos sencillos (Broad ent 1971; Kryter 1970). A pesar de ello, los resultados de estas investigaciones tomados en conjunto, han sido no menos confusos que los de las investigaciones más tempranas. Aunque la mayor parte de las investigaciones apuntan que el ruido es molesto y perjudicial para la ejecución, en realidad no son muchos los traba-

jos que pueden demostrar tales efectos. Es algo muy común encontrar resultados inconsistentes en los experimentos realizados con ruido; unas veces se observa que perjudica el rendimiento global (Broadvent 1953, 1954, 1958; Jenson 1957; Sanders 1961; Woodhead 1964) y otros que lo benefician (Kirk y Hecht 1963; Wilbanks, Welb y Tolhurst 1956) demostrando que el ruido per se no tiene, o tiene muy pocos efectos adversos sobre la capacidad de ejecución, dependiendo el rendimiento, en tareas mentales que no requieran comunicación verbal, de otros factores físicos y de su interacción.

Existen probablemente muchas razones respecto a la aparente controversia en este último tipo de experimentos. Una es, que el ruido parece afectar únicamente a tareas que son intelectualmente más exigentes.

Otra posibilidad es que las tareas en estos experimentos sobre ruido son tan simples y unidimensionales que los sujetos pueden generar estrategias capaces de dejar sin afectar todos o gran número de los aspectos a medir sobre el rendimiento del sujeto.

Hay que tener en cuenta que la información acerca de los efectos del ruido sobre el rendimiento en el trabajo proviene, de una parte, de las experiencias recogidas en la industria, analizando situaciones reales y, de otra, de los ensayos desarrollados en laboratorios, creando situaciones reales a través de experimentos. Los resultados en condiciones de trabajo real son difíciles de interpretar debido a la influencia de otras varia-

bles distintas del ruido ya que son difíciles de controlar, debiendo tomarse continuamente precauciones para evitar anomalías en el trabajo de investigación y en la interpretación de los resultados. Los experimentos de laboratorio carecen, normalmente, de la duración apropiada y los sujetos actúan en condiciones de difícil coincidencia con las reales de cada día. La mayoría de los resultados positivos han sido obtenidos en situaciones reales más que experimentales.

#### IV. 1. VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EJECUCION DE TAREAS EN PRESENCIA DE RUIDO.

El efecto del ruido sobre el rendimiento en el trabajo es función de una serie de variables. Dichas variables proporcionan la estructura que posibilita la interpretación de la enorme masa de datos y observaciones que se disponen acerca de los efectos del ruido sobre el trabajo de tipo intelectual y manipulativo.

Las variables y determinantes del rendimiento en una tarea son: las características de la tarea, las propias de los estímulos acústicos y ambientales. Estas características sirven para determinar las variables que intervienen como medida del rendimiento.

La dificultad, y por ello existe el problema, radica en explicar la interacción de estas variables con las características del sujeto que es sometido a la tarea, los resultados de las interacciones son bastante confu-

sas. Finkelman y Glass, (1970); Nosal (1971); Rogacka (1970) y Theologus, Wheaton y Fleishman (1974), al interpretar los resultados obtenidos en sus investigaciones, señalan la compleja relación entre el nivel de ejecución y varias funciones psicológicas humanas, así como de la ejecución y calidad de ciertos tipos y duración de los estímulos acústicos.

#### IV. 1. 1. Características de la tarea.

En este apartado trataremos de las características propias de la tarea sobre el rendimiento de los sujetos, cuando están estimulados por ruido.

No todas las tareas son afectadas de igual forma por el ruido, siendo unas más vulnerables que otras. Algunos investigadores han hecho interesantes observaciones a este respecto.

Broadbent (1954) sugiere que el deterioro en el rendimiento sólo ocurre en aquellas tareas más complejas. En uno de sus experimentos comprobó que el ambiente ruidoso deterioraba el rendimiento de los sujetos en una tarea difícil (Twenty Dials Test) en la cual los sujetos tenían que sentarse durante un período de hora y media vigilando las agujas de veinte relojes y detectar cuando la aguja daba saltos superiores a un segundo, de tal forma que, cuando la aguja verificase un salto mayor de lo normal, el sujeto debía apretar un pulsador. El nivel de ruido ambiente adoptado fue de 100' dBA. Broadbent encontró que el ruido, en este caso, producía

un efecto significativo en la actuación, aumentando el número medio de errores. Este deterioro en el rendimiento no se encontró cuando los sujetos realizaron una tarea fácil (Twenty Lights Test).

Jerison (1957) experimentó esta misma prueba con un nivel de 112 dB y un solo reloj (test de MacKworth). El resultado obtenido fue que no se encontró ningún efecto sobre el número de saltos dobles a detectar, sin embargo, cuando el sujeto tenía que captar la información proveniente de tres fuentes emisoras (tres relojes de MacKworth) se comprobó que, después de la primera hora el número de fallos aumentaba significativamente con el ruido.

Similares resultados fueron obtenidos por Zbigniew Koszarny (1978) en un estudio comparativo entre los escolares próximos a un aeropuerto con un nivel de ruido de 95-105 dB(A) (cuando el avión sobrevolaba la escuela) y los escolares de un área relativamente silenciosa de Varsovia.

El análisis comparativo de los resultados reveló una considerable diferencia en las ejecuciones psicomotóricas y en el nivel de atención.

En los escolares del área ruidosa fueron observados:

- prolongación del tiempo de reacción simple.
- reducción de la coordinación visual y motórica.
- reducción en la habilidad de concentración
- división de la atención.

Estos disturbios se producían precisamente en aquellos trabajos más complejos que requerían una acción más precisa o mayor concentración.

Glass and Singer (1972) como conclusión de sus trabajos exponen que en tareas mentales relativamente simples (sumas aritméticas, comparación de números, destreza verbal) parece existir poca evidencia de deterioro cuando son estimuladas por ruido, excepto cuando el ruido se aproxima a niveles de 110 dB.

Sugieren que el ruido per se tiene un efecto mínimo en la ejecución de las tareas existiendo algunas excepciones a esta generalización.

En particular el ruido deteriora la ejecución cuando

1. La tarea requiere vigilancia durante un largo periodo de tiempo.
2. La tarea sea compleja y exija concentración intensa

Los experimentos de Miller (1974) indican que los efectos negativos del ruido se incrementan en función de la complejidad de la tarea y de modo especial se puede perturbar esta ejecución cuando la tarea precise órdenes habladas o respuestas de señales auditivas.

El método de tareas simultaneas fue usado por diversos investigadores (Boggs y Simon 1968; Finkelman y Glass 1970; Sanders 1961; Finkelman 1979) como test para la comprobación de la hipótesis de que el deterioro en la ejecución debida al ruido varía en función de la complejidad

de la tarea.

Para la comprobación de esta hipótesis Biggs and Simon (1968) realizaron un experimento con cuarenta y ocho sujetos, los cuales realizaron dos tareas simultáneas. La tarea principal fue el tiempo de reacción de elección con cuatro estímulos. La tarea secundaria consistía en detectar las secuencias impar-par-impar de una serie de dígitos presentados auditivamente.

El ruido empleado fue el emitido por una serradora de aluminio que consistía en cortos estallidos de 0'5 segundos de duración y con un nivel de pico de 92 dB.

Los resultados obtenidos mostraron:

- a) Mayor número de errores en la condición de ruido
- b) El ruido no produjo efectos significativos en la tarea principal.
- c) Un incremento significativo en los errores de la tarea secundaria dependiendo de la dificultad de la tarea principal. Cuanto más difícil es la tarea principal más ostensibles son los efectos del ruido en la tarea secundaria.

Similares resultados fueron encontrados por otros autores como Finkelman y Glass (1970).

Estos resultados ponen de manifiesto que el ruido produce un



decrecimiento significativo en la ejecución en función de la dificultad de la misma.

Otra de las características propias de la tarea, que puede influir sobre la eficacia en el rendimiento, es la duración.

Se ha comprobado que los resultados de las pruebas breves de rendimiento (de un orden de 5 minutos) son dudosos y que los ensayos deben continuar hasta que desaparezca la sensación de novedad (Carpenter 1962).

Broadbent (1953) pudo observar que los sujetos expuestos a altos niveles de ruido sufrían un deterioro en la ejecución, que dependía del tiempo que duraba la tarea. Estos cambios incluyen incrementos en los errores y en las pausas en los trabajos de reacción serial. Los efectos del ruido sobre el rendimiento tienden a manifestarse una vez transcurrido un primer periodo de exposición al ruido que se cifra alrededor de los treinta minutos y han sido atribuidos al aumento de la estimulación recibida. La excesiva estimulación supone un incremento en el nivel de arousal del sujeto y como consecuencia una disminución en el rendimiento.

Hartley y Adams (1974) estudiaron los efectos del ruido en el test de Stroop (interferencia de colores) y obtuvieron que ruido de amplia banda a 95 dB(C) favorecía el rendimiento, (disminuía la interferencia) si la exposición al ruido era breve (10 minutos). Si la exposición duraba media hora, aumentaba la interferencia. Estos resultados confirman los obtenidos

anteriormente por O'Malley y Poplawsky (1971) con el mismo test.

En un experimento anterior Hartley (1973) halló que un ruido de 95 dB(C) deterioraba el rendimiento en el test de Reacción Senal, cinco elecciones, cuya duración era de cuarenta minutos. Dicho deterioro se produjo únicamente en los veinte minutos finales, lo que demuestra que el efecto del ruido en el rendimiento se llega a hacer evidente únicamente después de un cierto tiempo.

Broadbent (1953) en otro de sus experimentos utilizó el test de las cinco elecciones. El sujeto tenía que responder a un conjunto de cinco luces pulsando un disco respuesta con indicaciones correspondientes a cada una de las luces que se habían iluminado. Cada una de estas respuestas daba lugar a que la luz del estímulo siguiente apareciera; de este modo, el sujeto trabajaba con un ritmo propio, tan rápido como le era posible.

Tres tipos de baremos se utilizaron en la valoración de esta tarea, que fueron los siguientes:

- A) Número de respuestas total, realizadas durante media hora.
- B) Número de respuestas incorrectas que, normalmente, es sólo una pequeña proporción del conjunto.
- C) Número de ocasiones en las que la respuesta no se obtuvo durante un periodo de 1'5 segundos o mayor. Estas ocasiones fueron llamadas zanjás, y constituyen interrupciones en el ritmo normal del trabajo.

Se encontró en varios casos que un nivel de ruido de 100 dB(A), frente a la condición de 70 dB(A) no producía cambios en el número total de respuestas, pero sí producía efectos sobre los otros baremos. El número de errores se incrementó apreciablemente según se continuaba la prueba. Este y otros estudios similares llevaron a Broadbent a concluir que el incremento relativo en los errores, con el tiempo de exposición al ruido se debía a una pérdida de la atención. El ruido se comporta como una fuente de distracción lo que lleva a un aumento de los errores en aquellos trabajos más difíciles que requieran una mayor concentración.

Poulton (1977a) coincidiendo con Broadbent indica que las clases de tareas que, probablemente, son más sensibles a la distracción, cuando se aplica el ruido, son aquellas que requieren una atención más continuada.

#### IV.1.2. - Características del estímulo sonoro

En este apartado se analiza la influencia de las características del ambiente ruidoso sobre el trabajo.

Dada la complejidad del comportamiento humano es difícil describir con exactitud la influencia de los distintos tipos de ruidos en diferentes personas que llevan a cabo un trabajo; sin embargo se ha podido llegar a ciertas conclusiones. Según Stroh (1971) un ambiente ruidoso puede alterar la ejecución de una tarea, Este efecto deteriorante es función de la cla-

se de ruido, su frecuencia e intensidad.

Las condiciones necesarias según Stroh para que el ruido produzca un efecto deteriorante aparte de la complejidad de la tarea, son las siguientes

- Que el nivel de ruido esté por encima de los 95 dB.
- Que el tiempo de exposición sea largo.

Cuando la ejecución de una tarea requiere la utilización de señales audibles, bien sea palabra o cualquier otro tipo de señal, entonces un ruido de suficiente nivel de intensidad puede enmascarar o interferir la percepción de una señal y por consiguiente deteriorar la ejecución de la tarea.

Miller (1974) hace las siguientes consideraciones acerca de cómo pueden interferir los distintos tipos de ruido:

- a) Ruidos uniformes sin especial significado, no parecen interferir con la capacidad de ejecución humana, a menos que el nivel de ruido exceda de los 90 dB(A).
- b) Los ruidos intermitentes son más molestos que los continuos. Estos ruidos intermitentes, aun cuando estén por debajo de los 90 dB(A), pueden en ocasiones interferir la ejecución de una tarea.

Los informes subjetivos de molestia son más grandes cuando el ruido es intermitente e irregular que cuando es estable (Broadbent 1957,

Kryter 1970).

Según Glass (1972), el ruido intermitente es más aversivo que el ruido continuo y si la intermitencia es aperiódica (impredecible) el rechazo es mayor todavía. El ruido impredecible degrada más la ejecución que el continuo o el discontinuo periódico.

El factor psicológico de la impredecibilidad, más que los parámetros físicos del ruido, parece ser el principal determinante de los efectos adversos de la exposición al ruido.

Muchas respuestas fisiológicas y psicológicas a los sonidos disminuyen o desaparecen cuando los ruidos son regulares o predecibles.

c) Los ruidos con componentes de altas frecuencias por encima de 1000 a 2000 Hz, pueden producir más interferencia en la ejecución de una tarea, que los ruidos de baja frecuencia.

Muchos estudios concuerdan en que un ruido agudo es más molesto que un ruido de igual intensidad de un tono grave, encontrándose este efecto tanto para sonidos puros como para bandas de ruidos. La disminución de los componentes de alta frecuencia de un ruido produce mayores beneficios en el rendimiento que la reducción de los componentes de baja frecuencia (Laird 1929; Reese 1944; Pollak 1949). Existe también la opinión de que un ruido que contenga sonidos puros es más molesto que uno cuya energía esté repartida más uniformemente.

Como resumen podemos decir que son muchos los factores psicológicos y físicos que influyen en los efectos del ruido en el trabajo tanto de tipo mental como manipulativo o motor.

El ruido reduce más la calidad y precisión del trabajo en sí, que la cantidad total de trabajo realizado.

#### IV. 1. 3. - Variables del Sujeto

Para alcanzar una mayor comprensión del efecto del ruido sobre la capacidad de realizar tareas es fundamental clasificar diferencias individuales en la susceptibilidad al ruido.

Siguiendo las formulaciones Azrin (1958) sobre los efectos del ruido, podemos considerar que alguno de los siguientes factores psicológicos juegan un papel importante sobre el rendimiento.

A) Contingencia de los estímulos. Para explicar las diferencias individuales en las reacciones al ruido, se supone que el ruido está considerado por unas personas como más desagradable y aversivo que por otras. El descubrimiento de que la ejecución de las personalidades más ansiosas está más afectada por el ruido que la de los tipos no ansiosos, confirma la existencia de un factor relativo a la contingencia de los estímulos. Dicho en términos de aprendizaje o de condicionamiento, la tarea llegaría a ser aversiva y se ejecutaría peor por estar realizada o bajo los efectos de una contingen-

cia aversiva.

B) Otros factores. Se puede decir que algunos sujetos, al realizar un trabajo, tienden a asociar la presencia del ruido con un castigo y la ausencia de éste como gratificante. En general los sujetos están más motivados y ejecutarán mejor una tarea cuando entienden que su trabajo reduce el ruido, y a la inversa, están menos motivados si entienden que su trabajo no consigue reducir el nivel de ruidos. Esto está en consonancia con el llamado efecto Hawthorne. Dicho efecto se refiere a la circunstancia de que mejorando el ambiente de un trabajador, como por ejemplo, la reducción del ruido de fondo, se aprecia una mejora en su actitud y en el rendimiento de su trabajo.

#### IV.1.3. 1.- Dimensión de la personalidad Introversión Extroversión. Teoría del arousal.

Las características que pueden afectar en alguna medida el rendimiento del sujeto ante cualquier tarea son: el sexo, la personalidad, la edad, la inteligencia y la actitud del propio sujeto hacia la tarea. Sin embargo solamente la personalidad tiene un efecto medianamente claro sobre el rendimiento. Las otras características han sido poco estudiadas y los resultados son, en general, inconsistentes. En el caso de la interacción del ruido con estas características, durante una tarea, se dan los mismos resultados.

En este apartado vamos a referirnos a la Interacción del ruido con la personalidad.

Existen pruebas empíricas, fundamentalmente en estudios comportamentales, a favor de que el ruido tiene un efecto general de incremento de estimulación del sistema nervioso central (Broadbent 1971). Esto puede tener el efecto de elevación del nivel de alerta en el hombre y que puede ser identificado como grado de actuación.

El arousal puede ser considerado (Epstein 1967) como un componente común de toda motivación y estimulación, constituyendo la reacción del organismo a cualquier forma de estimulación más o menos intensa.

Distintos autores (Hebb 1955; Malmö 1959; Doffy 1949, 1962; Corcorant 1965) encontraron una relación curvilínea (una "U" invertida) Fig.13, entre niveles de arousal y ejecución. Posteriormente se comprobó que el nivel de arousal está en función de parámetros de la tarea, tal que el nivel máximo resulta ser más alto para las tareas fáciles que para aquellas más difíciles; y de factores individuales tales como la edad y personalidad de los sujetos.

Es decir, desde una activación baja, hasta el punto óptimo para una determinada función, el rendimiento aumenta monotonamente con el nivel de actuación, pero más allá del punto óptimo, máximo de la "U" invertida, todo aumento en la actuación supone un deterioro en la ejecución.



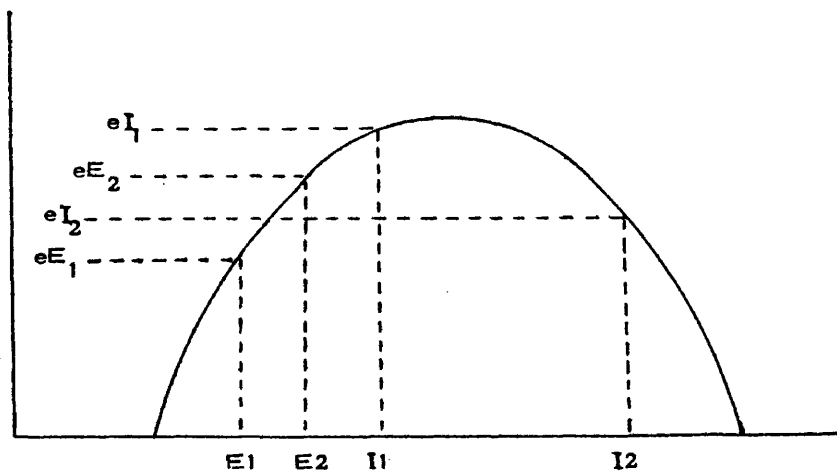


Fig. 13. - Representación gráfica de la teoría de la activación ("U" invertida).

Existe, por tanto, un nivel óptimo de arousal para el que la eficacia es máxima, y si el nivel de arousal aumenta o disminuye respecto a este punto, el rendimiento decae.

El nivel de actuación, como anteriormente señalamos, está relacionado con la naturaleza de la tarea que se esté efectuando; así, por ejemplo, en tareas sencillas y monótonas que no exigen rapidez o gran esfuerzo, y por tanto no supone un nivel de actuación elevado, se puede esperar que la introducción de una estimulación adicional (ruido) pueda tener un efecto beneficioso en la ejecución, suponiéndose que el nuevo nivel de arousal, resultado de añadir ruido, no excede de un cierto valor. El

aumento moderado de la estimulación ayuda a mantener un nivel de arousal cortical óptimo. Sin embargo en tareas complejas, que demandan una gran concentración, el nivel de activación necesario para su realización, se mantiene más cerca de un valor óptimo, si a esto añadimos el ruido, se produce un aumento en el nivel de actuación por encima del valor óptimo y, por consiguiente, un deterioro en el rendimiento.

La personalidad de los sujetos es factor determinante en el nivel de actuación.

Muchos investigadores han estudiado la relación entre la personalidad (Introversión-extroversión) y la actuación. Las diferencias individuales en Introversión-extroversión, están relacionadas con el nivel base de arousal. Se ha señalado que en comparación con los extrovertidos, los Introversos tienen un nivel general de actuación más elevado y son más sensibles a la estimulación auditiva (Smith 1968).

Como puede verse en la Fig.9 los Introversos tienen un nivel general de actuación  $I_1$  y los extrovertidos  $E_1$ , esto explicaría porque su ejecución  $eI_1$  es generalmente superior a la ejecución de los extrovertidos  $eE_1$  en diversas tareas. Por el contrario cuando las condiciones experimentales favorecen una subida en el nivel de activación (ambiente ruidoso) este nivel se eleva respectivamente a  $I_2$  y  $E_2$  y la ejecución de los Introversos disminuye, mientras que la de los extrovertidos aumenta,  $eI_2$  y  $eE_2$  respectivamente.

Los extrovertidos, que normalmente tienen menor nivel de arousal cortical que los introvertidos, por causa del ruido aumenta su nivel, lo cual hace mejorar su rendimiento. Los Introvertidos se alejarán del punto óptimo a consecuencia del ruido y por ello su rendimiento disminuye.

La influencia de la personalidad en sujetos sometidos a ruido no está totalmente clara. Así Broadbent (1958) obtuvo datos que sostienen que el efecto perjudicial del ruido era mayor en los extrovertidos que en los introvertidos, lo cual se opone a que los Introvertidos tienen un nivel de arousal más alto que los extrovertidos. En una repetición de este experimento por Broadbent y Gregory (Broadbent 1971) comprobaron que esto se debía a que la muestra de los sujetos tenía un neuroticismo bajo. Para Broadbent, entre los grupos, que tienen niveles bajos de neuroticismo es posible que los extrovertidos sean más perjudicados por la intensidad del ruido que los introvertidos, pero entre los grupos que tienen niveles altos de neuroticismo esto no es necesariamente verdad. Interacciones similares a estas, fueron señaladas por Claridge (1960), quien en una tarea de vigilancia observó que los extrovertidos mostraban mayor deterioro durante un período de trabajo, sólo si comparaba los extrovertidos neuróticos con los introvertidos neuróticos. Entre estos, cuando el nivel de neuroticismo era bajo la relación era exactamente la opuesta.

#### IV. 2. INTERPRETACION DE LOS EFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL RENDIMIENTO.

En este punto intentaremos recoger algunos de los modelos teóricos que pretenden explicar los efectos del ruido sobre el rendimiento. La interpretación de estos efectos es un cometido complicado, tanto a nivel teórico como en lo que concierne a los diseños y al tipo de ruido empleado en los experimentos.

##### A) Teoría del "parpadeo interno"

Una de las primeras explicaciones de los efectos del ruido sobre el rendimiento de una tarea prolongada fueron dadas por Broadbent (1954, 1957) en términos de distracción. Broadbent creía que los sujetos que trabajaban con ruido sufrían breves interrupciones o "parpadeos internos" al recibir la información de la tarea que estaba realizando. Estas breves interrupciones se pensaba que sucedían después de que la señal del estímulo hubiese entrado en el sistema nervioso, pero antes de que fuese analizado. Los "parpadeos internos" podían tomar la forma de un bloqueo completo aunque momentáneo, en el análisis de las señales de todos los estímulos, o podía representar un cambio temporal, al pasar momentáneamente a analizar otros input de otros órganos sensoriales, que no estén implicados en la realización de la tarea.

Esta teoría de la distracción sólo es aplicable a los experimentos que mostraban los efectos del ruido adversos al rendimiento y, difícil-

mente, podría explicar aquellos en los cuales el ruido tenía efectos positivos. A tales efectos parece ajustarse mejor la teoría del arousal.

#### B) Teoría del arousal

Hay toda una corriente de autores que explican los efectos del ruido mediante el concepto de arousal.

Experimentalmente se ha comprobado que el ruido aumenta el nivel de arousal (Broadbent, 1971).

El arousal entendido como una respuesta somática general al ruido producirá un aumento o una disminución del rendimiento en función del tipo de tarea a realizar.

Podemos afirmar que existe un nivel óptimo de activación (arousal) que varía en cada sujeto y con el tipo de tarea a realizar, por encima y por debajo del cual, la realización de la tarea adolece de precisión y es desorganizada.

La relación entre activación y eficacia del comportamiento, queda descrita mediante una curva U Invertida (Fig.13 pág. 80). Es decir, desde una activación baja hasta un punto, que es óptimo para una función dada, el nivel de rendimiento aumenta monótonamente con el nivel de activación, pero más allá de este punto óptimo, la relación se convierte en no monótona: más aumento en activación, produce una caída en el nivel de rendimiento; la caída se relaciona directamente con el aumento en el nivel de

activación.

Una de las situaciones experimentales en las que la teoría del arousal proporciona un pronóstico más claro, es en las tareas de vigilancia, en las que el sujeto permanece en el laboratorio durante una hora o más, detectando pequeñas modificaciones en un sistema de señales. La tendencia por parte de los sujetos a hacerlo peor a medida que transcurre la sesión, ha sido repetidamente explicada en términos de una disminución en su nivel de arousal.

En efecto Wilkinson (1963) aplicó a 12 sujetos la tarea de las cinco elecciones. La tarea consiste en cinco lámparas dispuestas formando un pentágono en un panel y sus cinco correspondientes pulsadores. Al encenderse una lámpara, el sujeto debe apretar el pulsador correspondiente. La acción del sujeto apaga la lámpara encendida y enciende una de las apagadas.

Cada sujeto realizó la tarea en 4 estados:

- Privados de sueño y silencio
- Privados de sueño y ruido
- Sueño normal y silencio
- Sueño normal y ruido

Los privados de sueño pasaban la noche anterior al test sin dormir. En la condición de ruido, se presentaba ruido blanco a 100 dB, mientras en la condición silencio, se podían escuchar algunos sonidos proceden-

tes del exterior.

Los resultados mostraron que en los privados de sueño el número de errores (apretar el pulsador que no corresponde a la lámpara encendida) es independiente del nivel de ruido; en la condición de sueño normal el ruido aumenta el porcentaje de errores.

Wilkinson (1963) y Broadbent (1971) ofrecen una misma interpretación de los resultados: la falta de sueño contrarresta los efectos nocivos del ruido y, por ello, el ruido no produce más errores que el silencio en los privados de sueño.

Para encontrar una explicación a los resultados comentados, Wilkinson (1963) repite el experimento anterior sustituyendo la variable independiente, falta de sueño, por el conocimiento-no conocimiento de resultados. Obtuvo que, si se da conocimiento de resultados, el ruido incrementa el número de errores, sin embargo, si el sujeto no recibe feedback, el ruido no produce efecto. Parece, entonces, que los efectos de dar feedback y los del ruido, se acumulan. Por ello, y dado que:

- Es bien sabido que dar feedback aumenta la motivación y el estado general de arousal.
- Las respuestas fisiológicas muestran bajo arousal en los sujetos privados de sueño y alto arousal en los sometidos a ruido (Davies, 1968).

Broadbent (1971) concluye que el ruido cambia un estado gene-

ral del organismo, que se puede identificar como arousal. En resumen, el ruido incrementa el nivel de arousal.

C) Teoría de Poulton: Enmascaramiento.

Recientemente Poulton (1979, 1980) ha suscitado una viva polémica al cuestionar diversos efectos del ruido, principalmente los propuestos por Broadbent y su equipo, y se interpretan estos en razón a posibles enmascaramientos de la información acústica emitida por el sistema de recogida de respuestas.

Si los sujetos realizan un tipo de tarea que es sensible al enmascaramiento del feedback acústico o del habla interno, entonces, tendrá lugar una disminución en el rendimiento de la tarea tan pronto como el ruido sea puesto en marcha.

Poulton explica el efecto del ruido sobre el rendimiento de los sujetos diciendo, que con ruido intenso se dificulta el almacenamiento de las palabras, haciéndose necesaria una mayor repetición del material para poder suplir las deficiencias ocasionadas por el ruido. En consecuencia, un sujeto sometido a ruido mostrará deterioro en el procesamiento del material verbal al tener que dedicar parte de su capacidad de procesamiento a la repetición del material.

El enmascaramiento del habla interna fue expresamente puesto a prueba por Millar (1979). Presentó a los sujetos 8 consonantes en



serie, cada dos segundos. La tarea consistía en recordarlas en correcto órden. Si el ruido dificulta la repetición, se espera peor recuerdo; ahora bien, si se evita la posibilidad de repetición, haciendo que los sujetos emitan en voz alta, mientras se les presenta el material, entonces el ruido no debe afectar al recuerdo. Los resultados mostraron que el ruido (92 dB(A) en la primera sesión deterioró el número total de consonantes recordadas, si se compara con la condición de silencio, sólo cuando es posible la repetición del material, y en la segunda mitad de la tarea. Cuando no es posible la repetición, no hay diferencias atribuibles al nivel de ruido. No obstante, Millar obtuvo otros resultados difícilmente explicables por la teoría del enmascaramiento.

En resumen, la teoría del enmascaramiento es una de las posibles explicaciones, no la única. Otros autores explican los efectos del ruido mediante la teoría de los factores fisiológicos y psicológicos.

#### D) Teoría de los factores fisiológicos y psicológicos.

La mayor parte de la teorización sobre los efectos del ruido, que no está significativamente relacionada con los estímulos o respuestas de una determinada tarea mental o motora, está orientada hacia mecanismos fisiológicos innatos, que implican conocimientos significativos. Se ha reconocido que la mayoría de los resultados donde estaban implicados los ambientes de ruido familiar, no ofrecían diferencias significativas entre el rendimiento de una sesión con ruido y el rendimiento de una sesión sin ruido,

ello se debía a la habituación del posible efecto perjudicial sobre la respuesta fisiológica.

Dentro de esta línea merece especial atención la teoría expuesta por Telchner, Arees y Reiley (1963) por su intento integrador de los conocimientos psicológicos y fisiológicos sobre el tema. Incorporan cuatro factores: la habituación al sonido, la distracción que produce, la adaptación acústica y el nivel de arousal. Estos autores han encontrado en varios de sus experimentos, resultados acordes a su teoría.

## CAPITULO V

\*\*\*\*\*

## PLANTEAMIENTO Y METODOLOGIA DEL PRESENTE TRABAJO

Con este estudio se ha intentado aportar datos que contribuyan al esclarecimiento de una serie de cuestiones que se siguen plantando acerca de los posibles efectos del ruido sobre el comportamiento de las personas.

La intensidad y el número de incidencias de vuelos, uno cada tres minutos de intervalo con un total de 160 vuelos durante la jornada escolar (9'30 - 17'30 h), que sufren diariamente los niños de las escuelas cercanas a las pistas de aterrizaje de Barajas, Fig. 14, fue el móvil que impulsó a considerar la posibilidad de que las dosis de ruido que soportan pueda constituir un riesgo para su audición y, como consecuencia, una incidencia en el rendimiento escolar. Durante los ocho años que dura el primer período escolar (6 - 14 años) cada niño es sujeto de 229.000 exposiciones al ruido, teniendo en cuenta que estas estimaciones pueden considerarse conservadoras ya que los niños que reciben enseñanzas viven en el mismo entorno y por consiguiente, el número de exposiciones se ve aumentado en el tiempo correspondiente a las horas no escolares. Ante tales cuestiones se suscitan las siguientes interrogantes:

¿ Qué relación existe entre ruido y rendimiento en una tarea ?

¿ Qué relación existe entre el nivel de ruido en las cercanías de un aero-

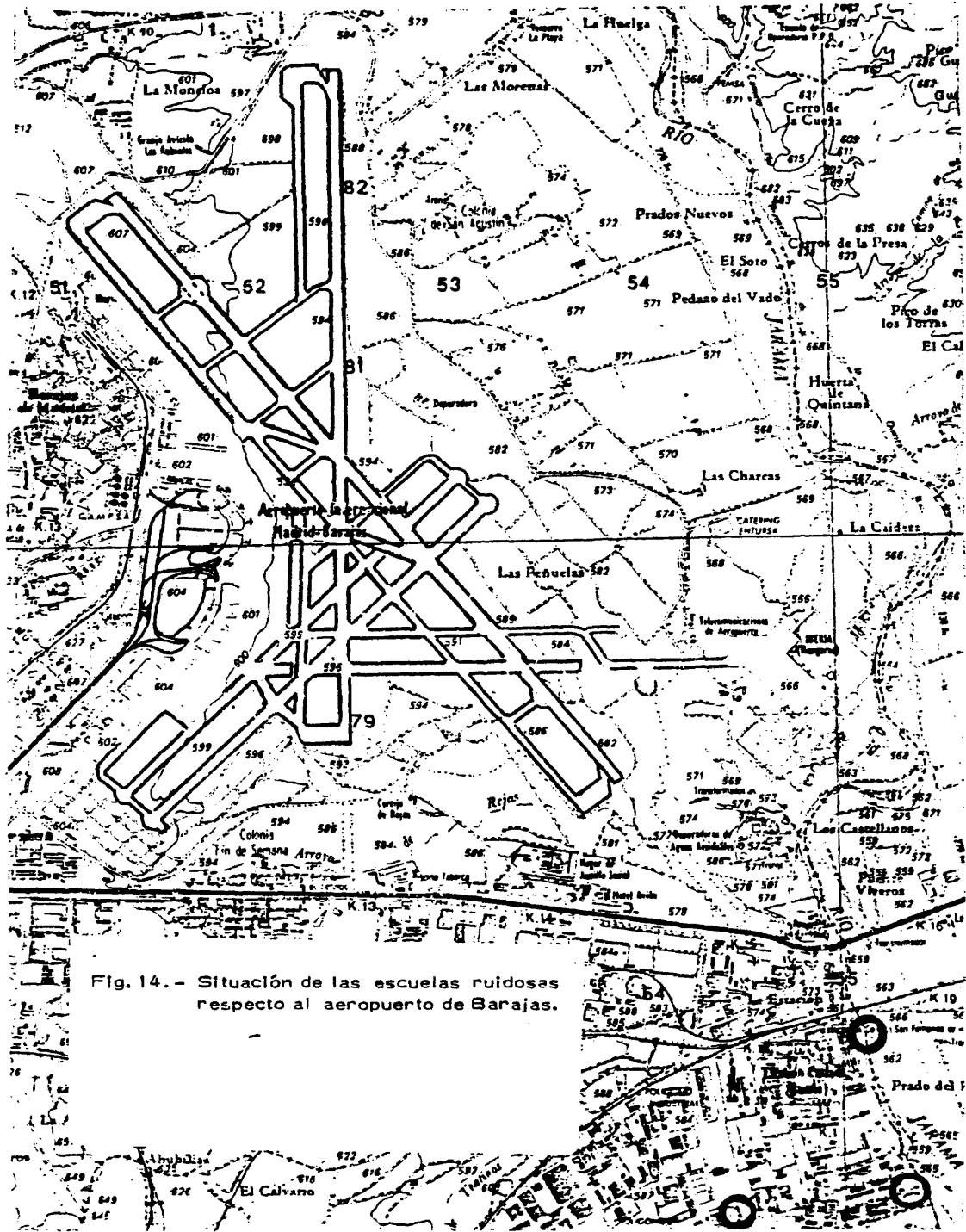


Fig. 14.- Situación de las escuelas ruidosas respecto al aeropuerto de Barajas.

puerto y el estado de audición de los escolares de dicha zona ?.

¿Qué efectos produce el ruido en la conducta?.

El estudio se ha diseñado para evaluar los efectos del ruido de aviones en el rendimiento escolar de los niños de poblaciones cercanas al aeropuerto, así como para analizar otros efectos adversos que se pueden producir en la conducta humana como consecuencia del proceso de adaptación al ruido.

#### V. 1. - HIPOTESIS PLANTEADAS

1ª. - Si un sujeto, por la proximidad de su lugar de residencia a un aeropuerto, está expuesto a ruidos de elevada intensidad procedente de éste, existe riesgo de pérdida de audición.

2ª. - Si un sujeto por la proximidad de su lugar de residencia a un aeropuerto, está expuesto a ruido de tráfico aéreo intenso, y logra adaptarse al ambiente ruidoso, aumentará su nivel de ansiedad, como consecuencia del proceso mental entablado en la adaptación.

3ª. - Si un sujeto, por la proximidad de su lugar de residencia a un aeropuerto, está expuesto a ruido de tráfico aéreo suficientemente intenso, verá afectado su rendimiento en el desarrollo de una tarea de tipo intelectual.

La comprobación de cada una de estas hipótesis será tratada en los siguientes capítulos.

## V. 2. PROCESO DE ESTUDIO

### V. 2. 1. - Sujetos

Para este estudio se contó con una muestra inicial de 378 sujetos pertenecientes todos ellos a 8º Curso de Enseñanza General Básica y distribuidos en cinco escuelas: tres de ellas pertenecientes a la zona ruidosa próxima a las pistas del aeropuerto, y cuyos sujetos formaron un grupo experimental, y las otras dos escuelas, cuyas características culturales, socioeconómicas, familiares, etc. eran similares a las del grupo experimental, excepto en lo que a ruido se refiere, formaron el grupo control. De esta muestra inicial se excluyeron 44 sujetos por presentar todos ellos algún problema de patología auditiva, con lo cual la muestra quedó reducida a 334. Tanto el grupo experimental como el grupo control se formaron con 167 alumnos cada uno de los cuales 165 eran mujeres y 169 varones. El grupo experimental tenía un total de 69 mujeres y 98 varones. El grupo control tenía 96 mujeres y 71 varones.

Las variables controladas fueron las siguientes:

- Edad: todos los sujetos tenían edades comprendidas entre los 14 y 16 años.

- Estado de audición: Se observó a los sujetos ambos tímpanos mediante otoscopio y, por medio de una encuesta, se investigaron los antecedentes otológicos familiares con el fin de descartar aquellos sujetos que tuvieran algún tipo de patología no imputable al ruido (Ver punto VII.1).
- Nivel de conocimientos: Todos los sujetos eran alumnos del mismo curso (8º E. G. B.)
- Nivel de inteligencia: A todos los sujetos se les tomó una medida inicial con el fin de partir de grupos intelectualmente homogéneos.
- Lugar de realización de la prueba: Todos los ensayos experimentales fueron realizados en las propias aulas, bajo idénticas condiciones relativas a localización, orientación y capacidad.

#### V. 2. 2. - Instrumentos

En este apartado se incluye una breve descripción de los instrumentos utilizados para la verificación de las hipótesis antes descritas.

##### V. 2. 2. 1. - Materiales empleados para la medida del ruido

Se utilizó un analizador de nivel de ruido (NOISE LEVEL ANALYZER, B & K Type 4. 426, Fig. 15). Se trata de un medidor del nivel sonoro que incluye el procesamiento estadístico de los valores alcanzados. Calcula automáticamente el valor de  $L_N$  para N desde 1 a 99 así como el valor del nivel

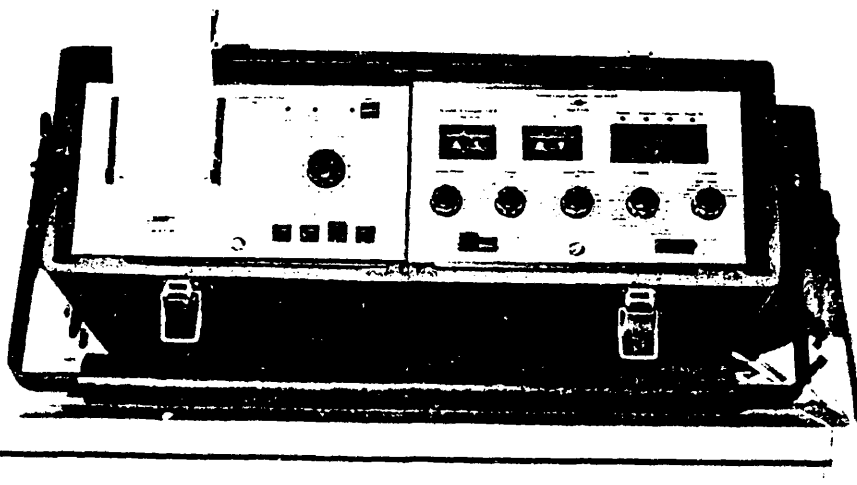


Fig. 15.- Analizador del nivel de ruido (Noise Level Analyzer B & K Tipo 4.426)

equivalente de energía ( $L_{eq}$ ). Está equipado para poder conectar su salida a registradores de nivel o impresores alfanuméricos con una precisión de  $\pm 0.5$  dB

#### V. 2. 2. 2.- Material empleado para la medida de la audición

La medida de la audición se desarrolló en el laboratorio móvil autónomo (Fig. 16). Se trata de una furgoneta acondicionada y provista





Fig. 16. - Laboratorio Móvil de Acústica.

de dos cabinas audiométricas normalizadas, cuyas paredes están tratadas acústicamente, tanto exteriormente a efectos de aislamiento, como interiormente, a efectos de absorción con unas características de atenuación que se indican en la siguiente Tabla

<u>Frecuencia</u>	<u>Atenuación</u>	<u>Nivel</u>
500 Hz	38 dB	68 dB
1000	44	74
2000	51	88
4000	52	99
8000	50	107

Audiómetro tonal MAICO, Mod. MA-16. - Utilizado para audiometría tonal.

Es un aparato que contiene un generador de bajas frecuencias (la serie 125 a 8000 Hz), un potenciómetro graduado de 5 en 5 dB, en el margen de 0 a 110 dB, de manera tal que se puede enviar a los auriculares una señal acústica de frecuencia (en el margen de 125 a 8000) determinada a una intensidad conocida. Los auriculares utilizados en esta prueba Mod. TDH-39 especiales para este tipo de audiómetro. Posee además un pulsador que al ser accionado por el oyente da lugar a una señal luminosa en el cuadro del audiómetro, indicando al operador que el sujeto ha captado la señal acústica.

Audiómetro Qualitone (Q-MD). - Utilizado para audiometría vocal. Este aparato, de características similares al anterior, tiene además conexión para

cinta magnética que se utilizó para introducir la señal (test de inteligibilidad), grabado previamente a nivel constante, utilizando el atenuador del audiómetro para controlar dicho nivel y llevar a cabo las pruebas de inteligibilidad.

Los auriculares utilizados en este caso son Mod. TDH-39.

Registrador de cinta magnética AMPEX Mod. 334. - Se trata de un magnetófono de laboratorio de alta precisión con una baja relación señal/ruido, provisto de dos amplificadores de registro y fuente de alimentación, utilizado para la grabación y reproducción del test de inteligibilidad, empleado en las pruebas de audiometría vocal, la señal procedente de éste, alimenta el audiómetro Qualitone.

Cinta magnética con la grabación del material vocal (test de inteligibilidad). La grabación se llevó a cabo en la cámara anecoica normalizada del Instituto de Acústica de 250 m<sup>3</sup> de volumen, y se controló el nivel de presión sonora para que fuera el mismo durante toda la grabación.

#### TEST DE INTELIGIBILIDAD CIF

En la audiometría vocal o logaudiometría utilizamos como material fonético en las exploraciones, el test CIF diseñado por Carmen Delgado (1968). Dicho test está formado por listas de palabras fonéticamente equilibradas con relación a los distintos sonidos de vocales y consonan-

tes de nuestro idioma, útiles para la técnica de exploración audiométrica vocal.

Las condiciones que reúnen estas listas de palabras son las siguientes:

- a. Las palabras empleadas no se prestan a confusión.
- b. Tienen el mismo número de sílabas, para que la inteligibilidad sea análoga.
- c. Son de pronunciación fija, para evitar equívocos.
- d. Las palabras son de corriente utilización en el vocabulario usual del sujeto.
- e. Por otra parte, todos los fonemas de que se compone el idioma están representados en las listas, encontrándose en una proporción aproximada a la de la lengua hablada siendo constante la dificultad media de los elementos de cada lista, es decir, el carácter fácil o difícil de los elementos que componen cada lista es constante.

Dicho test está formado por dos listas de palabras monosilábicas y bisilábicas.

La lista correspondiente a las palabras monosilábicas está compuesta por 35 palabras distribuidas en grupos de cinco, las bisilábicas está formada por 100 palabras distribuidas en grupos de 10, tal y como se muestra a continuación:

## TEST DE INTELIGIBILIDAD CIF

## MONOSILABICAS

<u>M1</u>	<u>M2</u>	<u>M3</u>	<u>M4</u>	<u>M5</u>	<u>M6</u>	<u>M7</u>
sal	tres	res	fian	crin	son	par
tren	mal	tul	ser	mar	red	ron
vid	fin	can	tos	sed	bar	mes
pez	pan	te	vii	col	gas	gris
flor	dos	paz	mas	sur	tez	sol

## DISILABICAS

<u>B1</u>	<u>B2</u>	<u>B3</u>	<u>B4</u>	<u>B5</u>
tomo	grifo	losa	verde	isla
lumbre	senda	cima	silla	lupa
casco	llave	hambre	lanza	peso
mero	perro	duque	tasa	dique
coche	queso	pino	pena	sala
friso	mosca	fresa	denso	nido
vista	rima	nave	rosca	éter
dardo	yunque	cara	torré	vaso
lana	frente	silo	gulso	cero
iris	tino	mente	parche	trampa

<u>B6</u>	<u>B7</u>	<u>B8</u>	<u>B9</u>	<u>B10</u>
sino	muro	tanque	seda	tira
lejos	gente	piso	nifo	sombra
dulce	raso	cumbre	tumba	limbo
seta	lino	vela	cana	toga
calle	termo	lista	lima	dedo
mesa	débil	trece	rosa	hijo
tiza	prado	sano	clero	ganso
aro	tecla	útil	eje	cera
ritmo	nudo	cabo	disco	pluma
soga	fila	pera	linde	signo

**EQUIPO PARA LA CALIBRACION DEL SISTEMA DE AUDIOMETRIA VOCAL**

En la fotografía de la Figura 17 y en el diagrama bloque de la Figura 18, se observa la disposición de los aparatos utilizados en la calibración

- 1º) Registrador cinta magnética AMPEX Mod. 354
- 2º) Audiómetro Qualitone Q-MD.
- 3º) Auriculares TDH39 especiales del audiómetro.
- 4º) Micrófono de condensador B & K Mod. 4132 (cuyas características de sensibilidad y respuesta en frecuencia se encuentran detalladas en la Figura 19) y seguidor de cátodo preamplificador tipo 2613.
- 5º) Oído artificial B & K Mod. 4.212, consistente en una cavidad normalizada de 2 cc (equivalente al canal auditivo) y un sistema de carga mecánica. En esta cavidad se instala el micrófono y sobre él se coloca el auricular. La salida se conecta a la entrada del analizador.
- 6º) Analizador de nivel B & K Mod. 2112, Aparato utilizado para la medida del nivel de presión sonora, a partir de la señal que proviene de la salida del oído artificial.

Cumple las normas internacionales para medidores de nivel de presión sonora (IEC) TC 29, 1961.

Con este equipo se calibra la posición del atenuador del audímetro para lo cual tenemos en los auriculares un nivel conocido, a partir del cual atenuar o amplificar para variar el nivel sonoro de las palabras que se han de presentar al oyente.

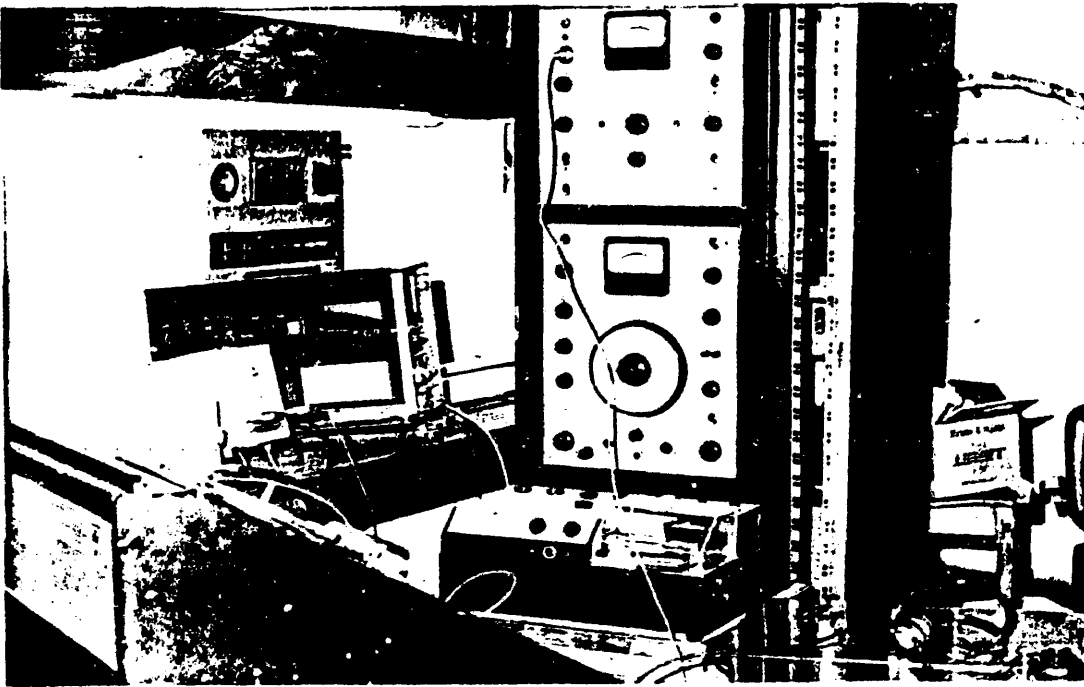


Fig. 17. - Disposición de los aparatos utilizados en la calibración.

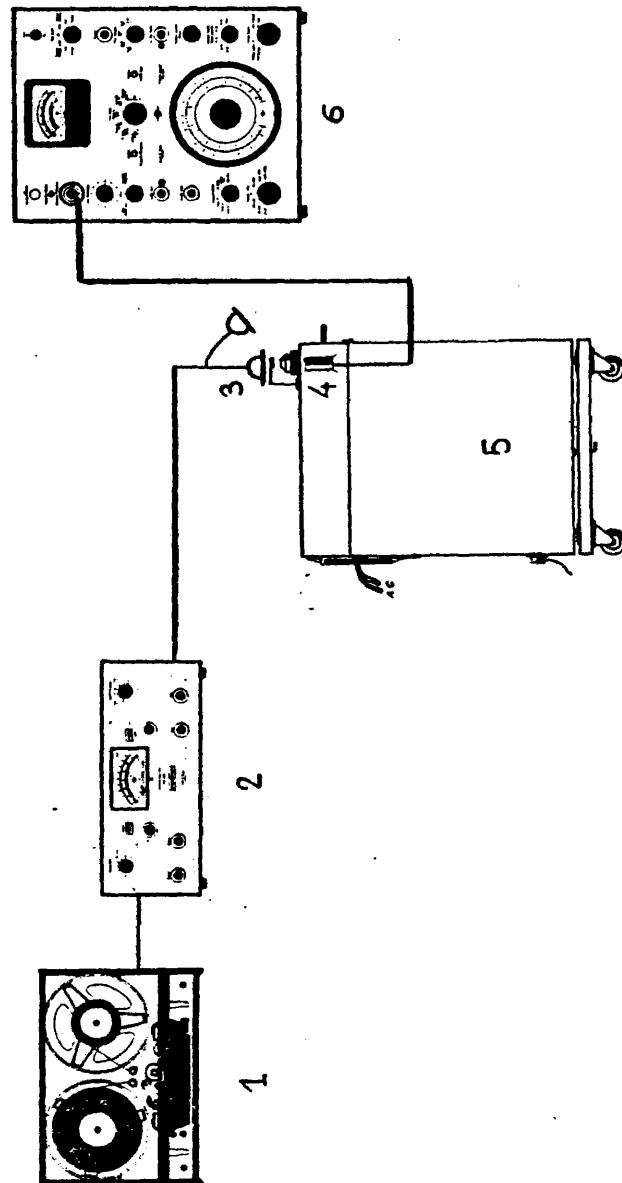


Fig. 18. - Equipo para la calibración del sistema de audiometría vocal.

- 19. Registrador cinta magnética
- 29. Audiometría Qualitone
- 39. Auriculares
- 49. Micrófono de condensador
- 59. Oído artificial
- 69. Analizador de nivel



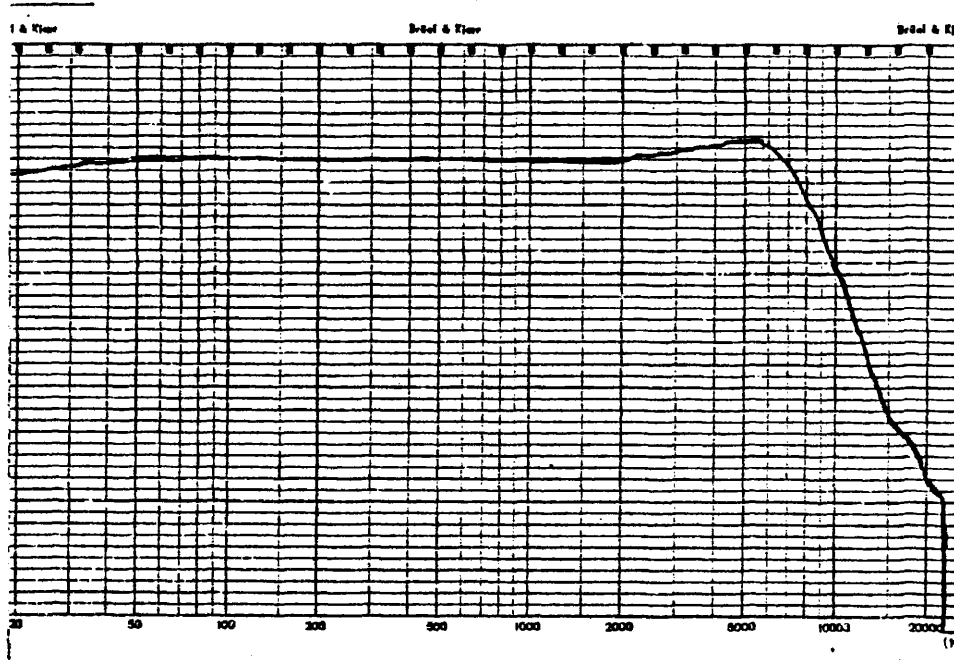


Fig. 19. - Características del micrófono de condensador Mod. 4.132

#### V. 2. 2. 3. - Material empleado para la medida del rendimiento

Respecto a la medida del rendimiento a la hora de elegir la tarea a realizar por los alumnos, se tomó en consideración el nivel educativo del grupo al que se iba a aplicar.

Desde esta perspectiva, nos decidimos por una prueba de razonamiento numérico, diseñada por nosotros para este trabajo, la cual se compone de una serie de elementos de realización sencilla, pero cuyo desarrollo exigía cierto grado de atención y concentración. Los problemas fueron presentados en la forma que es habitual en los tests de cálculo numé

rico reduciendo al máximo la aplicación del lenguaje. En su mayor parte los elementos requerían comprensión de conceptos más bien que información matemática. La solución de los problemas exigía cierta habilidad para el cálculo aritmético, pero lo que se ha intentado preferentemente es apreciar la capacidad de razonamiento y determinar la influencia que el ruido pueda ejercer sobre este tipo de trabajo. Dicha prueba está incluida como apéndice al final de esta memoria.

#### V. 2. 2. 4. - Materiales empleados en la medida de la ansiedad

En este trabajo se ha utilizado, como instrumento para la medida de la ansiedad el STAI (State-Trait Anxiety Inventory) cuyo autor principal es Spielberger (1970). En las páginas siguientes se presenta este cuestionario de Autoevaluación según el formato utilizado por J. Bermudez Moreno (1977) y del cual nos hemos servido para la realización de nuestro estudio experimental:

- STAI Forma SX-1
- STAI Forma SX-2

Este cuestionario se compone de dos escalas auto-aplicadas (Individualmente o en equipo) separadas para la medida de dos conceptos distintos de ansiedad: Estado de Ansiedad y Rasgo de Ansiedad.

La escala de Rasgo consta de 20 frases en las que se invita al sujeto a describir cómo se siente "generalmente".

La escala de Estado consta igualmente de 20 frases, pero sus instrucciones piden al sujeto que identifique cómo se siente "en un momento particular".

La escala de Estado de Ansiedad (forma X-1) se dió en primer lugar, seguida de la escala de Rasgo de Ansiedad (forma X-2).

Las instrucciones para su aplicación están impresas en el test para ambas escalas, Estado y Rasgo. El cuestionario no tiene tiempo límite, aunque la práctica indica que normalmente una de las escalas se puede completar en diez o doce minutos, y son necesarios, aproximadamente, veinte minutos para completar ambas escalas.

El rango de puntuación posible varía desde una puntuación mínima igual a 20 hasta un máximo igual a 80 en cada una de las escalas.

Los sujetos responden a cada ítem evaluándose a sí mismo en una escala de cuatro puntos. Las cuatro categorías para la escala de Estado de Ansiedad son:

1 = no en absoluto

2 = un poco

3 = bastante

4 = mucho

Las categorías para la escala de Rasgo de Ansiedad son:

- 1 = casi nunca
- 2 = a veces
- 3 = frecuentemente
- 4 = casi siempre

**CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION**

STAI      Forma SX-1

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: Algunas de las expresiones que la gente usa para describirse aparecen abajo. Lea cada frase y trace un círculo alrededor del número a la derecha de la frase, indicando cómo se siente usted ahora mismo, o sea, en este momento. No hay contestaciones buenas o malas. No emplee mucho tiempo en cada frase pero trate de dar la respuesta que mejor describa sus sentimientos ahora.

Ne en absoluto  
Un poco  
Bastante  
Mucho

1. Me siento calmado .....	1	2	3	4
2. Me siento seguro .....	1	2	3	4
3. Estoy tenso .....	1	2	3	4
4. Estoy contrariado .....	1	2	3	4
5. Estoy a gusto .....	1	2	3	4
6. Me siento alterado .....	1	2	3	4
7. Estoy preocupado por algún posible contratiempo.	1	2	3	4
8. Me siento descansado .....	1	2	3	4
9. Me siento ansioso .....	1	2	3	4
10. Me siento confortable .....	1	2	3	4
11. Tengo confianza en mí mismo .....	1	2	3	4
12. Me siento nervioso .....	1	2	3	4
13. Me siento agitado .....	1	2	3	4
14. Me siento excitable .....	1	2	3	4
15. Me siento reposado .....	1	2	3	4
16. Me siento satisfecho .....	1	2	3	4
17. Estoy preocupado .....	1	2	3	4
18. Me siento muy excitado y aturdido .....	1	2	3	4
19. Me siento alegre .....	1	2	3	4
20. Me siento bien .....	1	2	3	4

## CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACION

STAI Forma SX-2

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: Algunas expresiones que la gente usa para describirse aparecen abajo. Lea cada frase y trace un círculo alrededor del número a la derecha de la frase, indicando cómo se siente usted generalmente. No hay contestaciones buenas o malas. No emplee mucho tiempo en cada frase pero trate de dar la respuesta que mejor describa cómo se siente usted generalmente.

	1	2	3	4
21. Me siento bien .....	1	2	3	4
22. Me canso rápidamente .....	1	2	3	4
23. Siento ganas de llorar .....	1	2	3	4
24. Quisiera ser tan feliz como otros parecen serlo.	1	2	3	4
25. Pierdo oportunidades por no poder decidirme rápidamente .....	1	2	3	4
26. Me siento descansado .....	1	2	3	4
27. Soy una persona tranquila, serena y sosegada...	1	2	3	4
28. Siento que las dificultades se me amontonan hasta el punto de no poder superarlas .....	1	2	3	4
29. Me preocupo demasiado por cosas sin importancia.	1	2	3	4
30. Soy feliz .....	1	2	3	4
31. Tomo las cosas muy a pecho .....	1	2	3	4
32. Me falta confianza en mí mismo .....	1	2	3	4
33. Me siento seguro .....	1	2	3	4
34. Trato de afrontar las crisis y dificultades.....	1	2	3	4
35. Me siento melancólico .....	1	2	3	4
36. Me siento satisfecho .....	1	2	3	4
37. Algunas ideas poco importantes pasan por mi mente y me molestan .....	1	2	3	4
38. Me afectan tanto los desengaños que no me los pueda quitar de la cabeza .....	1	2	3	4
39. Soy una persona estable .....	1	2	3	4
40. Cuando pienso en los asuntos que tengo entre manos me pongo tenso y alterado .....	1	2	3	4

## CAPITULO VI

-----

## RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MEDIDA DEL RUIDO

Las medidas de ruido se realizaron, en el interior de las aulas de cada una de las escuelas elegidas, tal y como muestra la fotografía de la Figura 20. El micrófono se colocó en el centro de la habitación a 1'2 metros sobre el suelo y las medidas se verificaron a lo largo de toda la jornada escolar, durante varios días seguidos, durante los meses de primavera, ya que es en esta época del año cuando profesores y alumnos manifiestan sentirse más molestos debido a que el tráfico aéreo se incrementa y las ventanas de las clases se encuentran frecuentemente abiertas.

El equipo utilizado en la medida del ruido fue un analizador de nivel de ruido (Noise level analyzer tipo B & K 4.426) cuyas características están descritas en el capítulo 5. 2. 2. 1.

## SISTEMA DE REGISTRO DE DATOS

En nuestro caso concreto se realizó un registro del nivel de ruido en dB(A) cada 15 minutos, con una velocidad de muestreo de dos muestras por segundo, y se analizó el  $L_1$ ,  $L_{50}$  y el  $L_{eq}$  de la distribución estadística de los niveles de ruido a través del periodo de tiempo adoptado (15 minutos). El último registro obtenido representa la distribución acumu

lativa de los niveles sonoros a lo largo de la jornada escolar (Fig. 21).

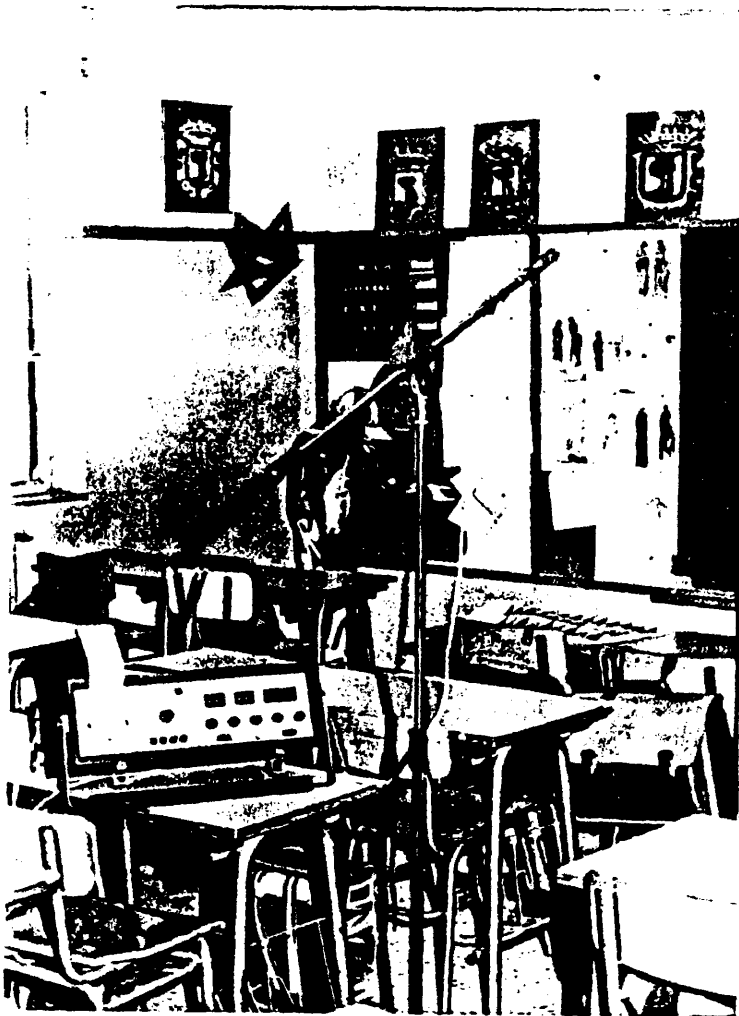


Fig. 20. - Colocación del micrófono en el interior de las aulas.





hora	→ 12:09:56	S=01000
		L0001=088.308
		L0050=051.008
		LE0=074.508
		0036.008=000.0%
		0038.008=000.0%
		0040.008=001.4%
		0042.008=002.7%
		0044.008=010.1%
		0046.008=015.8%
		0048.008=014.8%
		0050.008=012.5%
		0082.008=001.4%
		0084.008=000.9%
		0086.008=000.3%
		0088.008=000.3%
		0090.008=000.4%
		0092.008=000.3%
		0094.008=000.0%
		0096.008=000.0%

Fig. 21. - Ejemplo de registro obtenido mediante el analizador de ruido.

Se ha recurrido a la valoración estadística del nivel sonoro mediante los índices  $L_n$  (donde  $n$  es el % de tiempo total en que el nivel  $L$  es igualado o superado) frente a la imprecisión de valorar el ambiente ruidoso con una sólo o varias medidas del nivel sonoro en dB(A).

$L_1$ ,  $L_{50}$  representan respectivamente, los niveles sonoros que se sobrepasan durante el 1 ó 50 % del tiempo a que se extiende la medida tal y como representa la figura 22.

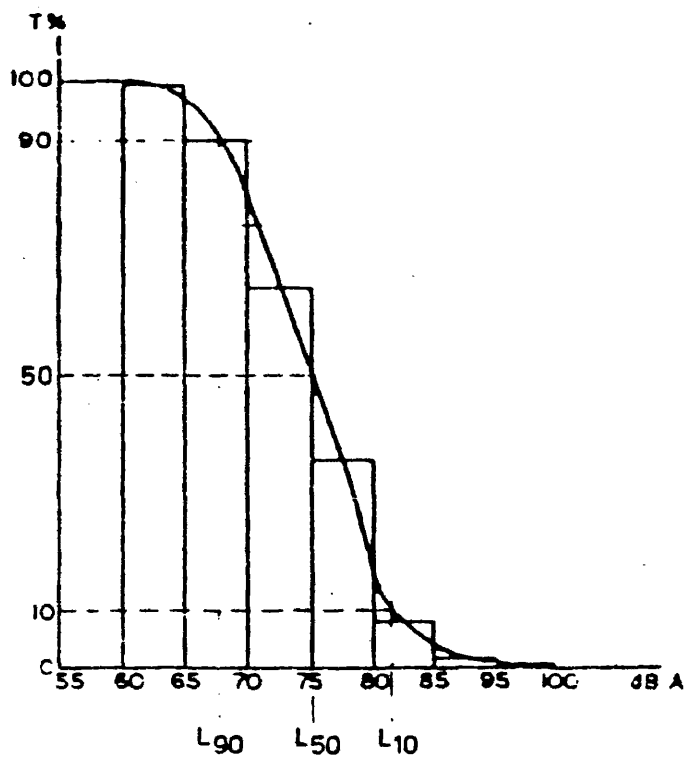


Fig. 22. - Distribución acumulativa de ruido de tráfico:  
Niveles percentiles en el tiempo  $L_{10}$ ,  $L_{90}$   
 $L_{50}$ .

Para cada una de las escuelas elegidas se obtuvieron varios registros del nivel de ruido correspondiendo cada uno de ellos a un día de jornada escolar completa obteniéndose para cada una de las escuelas de la zona ruidosa los siguientes resultados:

En la escuela B el valor medio del nivel de pico fue de 84'3 con una desviación típica de 4'7. El valor medio del nivel equivalente fue de

75 dB (A).

Las medidas realizadas en la escuela C muestran una media del valor de pico de 88'8 con una desviación típica de 4'3. El nivel equivalente de ruido fue de 81 dB (A).

Los niveles encontrados en la escuela A fueron los más bajos alcanzando el nivel de pico un valor de 72'3 con una desviación típica de 4'5. El valor medio del nivel equivalente fue de 65 dB(A).

Los valores obtenidos en las medidas del nivel de ruido de las escuelas alejadas del aeropuerto muestran niveles de pico que varían entre 68'3 y 60'3.

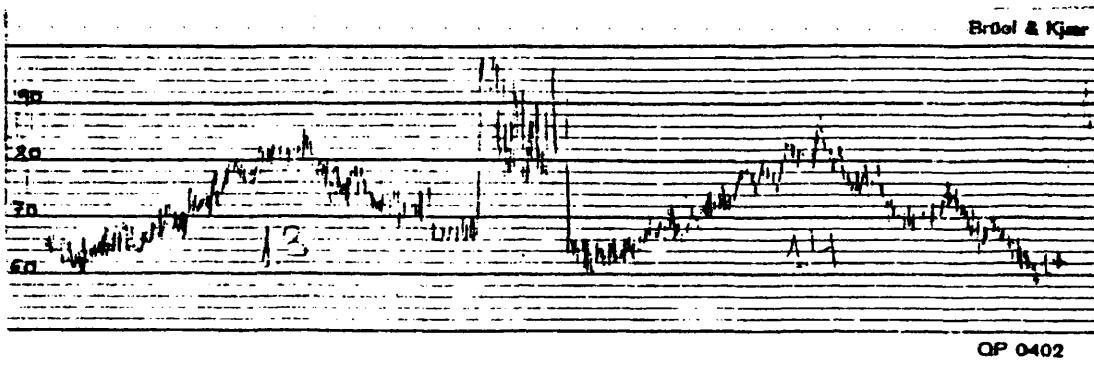


Fig. 23. - Modelo del espectro de un ruido tipo de avión.

## CAPITULO VII

\*\*\*\*\*

### ESTUDIO I: COMPROBACION DE LA AUDICION.

A través de este estudio se ha pretendido evaluar la influencia que el nivel de ruido que soportan los escolares de la zona de aeropuerto pueda tener sobre su estado de audición y verificar las posibles patologías auditivas que pudieran existir en estos niños por medio de una exploración otológica realizada por un médico especialista, con objeto de determinar si el ruido soportado tiene una influencia directa sobre el organo de la audición y esto interfiriera con el estudio de otros posibles efectos al producir enmascaramiento.

El estado de audición de los escolares se comprobó mediante dos procedimientos de audimetría:

- Audiometría tonal \*
- Audiometría vocal \*\*

#### VII. 1. METODO DE ESTUDIO Y REALIZACION

Para este estudio se contó con una muestra de 367 sujetos, con un tiempo medio de exposición al ruido de aproximadamente 10 años, de los cuales fueron excluidos 33 por presentar algún tipo de patología auditiva, que a juicio de un otorrinolaringólogo, no era imputable a trauma acústico.

Se encontraron distintos tipos de afección, siendo el caso

---

\* Descrita en el apartado III. 2. 2.

\*\* Descrita en el apartado II. 2. 2.

más frecuente el de otitis secretorias. Los distintos porcentajes de afectación para cada uno de los distintos problemas auditivos encontrados fueron:

Otitis media no supurada ...	1 %
Otitis secretoria.....	7 %
Perforación timpánica .....	1 %

En este trabajo llama la atención la gran incidencia de otitis secretoria, 7%, en coincidencia con los resultados del Dr. Suarez Nieto (1980) que encontró una incidencia del 9'6%, en un estudio en el que se examinó el 4'5% de la población escolar de Asturias, y contrastando con los resultados de Watson (1969) que es sólo de un 3'6% y los estudios de Virolainen y Punhakka (1979) en los que es del 4'2%.

Diversos estudios epidemiológicos sobre la otitis media indican que es una enfermedad mucho más frecuente en el niño que en el adulto. La mayor frecuencia se registra en la edad preescolar y disminuye de forma progresiva a partir de los seis años. Una de las características de la otitis y de la otitis media secretoria es que no suele producir más sintomatología que una moderada hipoacusia de transmisión, claramente diferenciable de la producida por el ruido y descrita en el punto III. 3. 3. página 58.

En cuanto a los factores etiológicos causantes de esta enfermedad destacan, como más frecuentemente responsables, los virus y la disfunción tubárica.

### VII.1.1.- Procedimiento

Las medidas de audición se llevaron a cabo, en cada uno de los colegios elegidos, utilizando los laboratorios móviles del Instituto de Acústica, provistos de cabinas audiométricas y de la instrumentación necesaria (audiómetros, magnetófonos y material fonético) (Véase Fig. 16).

Se examinó la audición de 367 escolares de las escuelas antes citadas. El examen de los niños fue efectuado en la época de primavera, consistió en la realización de una audiometría y en la observación de ambos tímpanos mediante otoscopio por parte de un médico especialista.

A todos los niños les fue entregada una encuesta, anexo en la que se valoraban los antecedentes otorrinolaringológicos (O.R.L.) del niño y se investigaban los antecedentes otológicos familiares.

Las características de esta muestra están descritas en el apartado V.2.1 y el material empleado para la medida de la audición en el apartado V.2.2.2.

#### VII.1.1.1.- Examen clínico audiométrico

Del análisis de los resultados de las audiometrías de los escolares sometidos a ruido, Fig. 24, Tablas I y II, se comprueba que, desde el punto de vista clínico, el nivel de ruido, al que están sometidos dichos escolares no ha producido ningún traumatismo sonoro ya que su existencia se confirma cuando, exploradas las frecuencias entre 1000 y 4000 Hz, para dos de estas frecuencias se sobrepasa un umbral de 20 dB (ISO R1999) lo cual no se ha observado. Dichas audiometrías no difieren en cuanto a su valoración médica (ORL) de las obtenidas por los escolares de la zona no ruidosa, Fig. 25, Tablas III y IV.

## VII. 2. RESULTADOS DE LA AUDIOMETRIA TONAL

Los resultados obtenidos, en la exploración auditiva, para cada uno de los alumnos de las escuelas elegidas fueron examinados desde el punto de vista estadístico, con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre los umbrales de audición de los alumnos de las escuelas ruidosas y no ruidosas. Diferencias, que, si bien desde el punto de vista clínico no tienen ninguna significación, como hemos dicho en el apartado anterior, sí pueden tenerla desde el punto de vista físico, aunque la influencia negativa no llega a causar efectos patológicos.

El trabajo pretende contestar la siguiente interrogante:

¿Influye el ambiente ruidoso en el estado de audición?

A partir de esta interrogante nos hemos formulado la siguiente hipótesis: Si un sujeto, por la proximidad de su lugar de residencia a un aeropuerto, está expuesto a ruidos de elevada intensidad procedente de éste, existe riesgo de pérdida de audición.

La comprobación de esta hipótesis se realizó mediante un análisis de varianza con el programa BMDP 2V (Dixon 1975), partiendo de los datos recogidos de cada uno de los sujetos en la exploración audiométrica en todo el rango de frecuencias audibles.

Los factores estudiados fueron:

**R** - Ruido (con niveles ER (con ruido) y SR (sin ruido) ).

**E** - Escuelas

**S** - Sexo

**I** - Audición

**S** - Frecuencias (Hz) con once niveles correspondientes a cada una de las frecuencias analizadas.

Los resultados se encuentran en la Tabla V.

La Tabla nos muestra que el factor ruido (R) es significativo. Calculando la media de la pérdida audiométrica para todas las frecuencias, en el caso de ruido y en el caso sin ruido, hemos obtenido que la pérdida es significativamente mayor, al nivel del 1%, en el caso de los sujetos sometidos a ruido (Fig. 26).

El factor de lateralidad (I), izquierda, derecha, es igualmente significativa, nivel 1%. El umbral de audición para el oído izquierdo es más alto (oyen peor) que el oído derecho. La pérdida media para el oído izquierdo es de 8'5 dB mientras que es de 7'4 dB para el oído derecho. Este resultado puede ser explicable por el método seguido, en el cual siempre se exploraba primero el oído derecho, con lo cual puede existir un factor de cansancio que hace que el oyente responda peor en el segundo oído explorado.



La doble Interacción referente a lateralidad y ruido (IR) resulta también significativa. Ambos grupos de sujetos, los pertenecientes al grupo de ambiente ruidoso y los del grupo control, tienen un umbral de audición más alto en el oído izquierdo que en el derecho (Fig. 27) siendo esta diferencia de escasa importancia y no significativa estadísticamente para los sujetos de ambiente ruidoso que prácticamente mantienen el mismo umbral de audición para ambos oídos,  $X = 8'4$  para el oído derecho y  $X = 8'6$  para el oído izquierdo; en tanto que la diferencia observada en el grupo control (ambiente de ruido normal),  $X = 6'71$  para el oído derecho y  $X = 8'13$  para el oído izquierdo, es estadísticamente significativa al nivel del 1 %.

No obstante se debe tener en cuenta que la diferencia encontrada entre ambos oídos, si bien es significativa desde el punto de vista estadístico no lo es desde el médico; un aspecto importante de toda pérdida auditiva es la magnitud del daño; se ha establecido que, en el niño, el criterio para el diagnóstico de una deficiencia auditiva mínima significativa es una audiodisminución de 15 dB o más. Dicha pérdida no se ha confirmado en ninguno de los dos oídos; por tanto las deficiencias halladas entran en lo que se considera zona de normalidad, encontrándose la posible explicación de la diferencia entre ambos oídos en el factor de cansancio aducido anteriormente en la explicación del punto anterior.

El umbral medio de audición, independientemente del factor

ruido, para cada una de las frecuencias (S) es igualmente significativo.

La pérdida media en decibelios para cada una de las frecuencias analizadas fue la que sigue:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	8000
Pérdida media dB (A)	10'9	10'5	9'0	8'0	6'5	5'5	5'1	6'1	6'5	9'0	8'1

Los datos indican que los umbrales más altos en audición corresponden a las bajas frecuencias, 125 a 750 Hz, especialmente en el margen 125 a 250 Hz, obteniendo umbrales más bajos en las frecuencias medias, para aumentar la pérdida de nuevo al acercarnos a las frecuencias superiores a los 4000 Hz.

El audiograma medio resultante corresponde al de un grupo de sujetos con una sensibilidad auditiva normal, incluyéndose las fluctuaciones en los valores de altas, medias y bajas frecuencias dentro de un margen habitual de variación.

Considerando el factor frecuencias unido a ruido o no ruido (SR), se observa una cierta tendencia por parte de los sujetos sometidos a ruido a sufrir pérdidas mayores en todas las frecuencias.

La pérdida media en dB para cada una de las frecuencias analizadas, en los distintos grupos fue la que sigue:

	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	8000
Grupo con Ruido	13'2	11'3	9'8	8'1	6'8	5'8	5'0	5'8	6'6	12'2	8'6
Grupo sin Ruido	9'2	10	8'3	7'9	6'2	5'2	5'1	5'9	5'9	10'8	7'3

Esta Tabla muestra que los valores medios relativos a las frecuencias comprendidas entre 500 y 2000 Hz, ambas inclusive, correspondiente a la zona conversacional, es prácticamente semejante para ambos grupos, con una pérdida ligeramente mayor en el grupo de ambiente ruidoso, acentuándose las diferencias en el grupo de bajas (125 - 250 Hz) y altas frecuencias (3000 a 8000 Hz).

Estas pérdidas mayores en altas y bajas frecuencias de los sujetos de ambiente ruidoso, no son válidas como expresión de una deficiencia auditiva mínima. Kessner (1974) estableció como criterio para el diagnóstico de una pérdida auditiva significativa, en los niños, la comprobación de un nivel auditivo igual o superior a 15 dB (500 a 2000 Hz) como límite aceptable para una buena audición, nivel que no ha sido alcanzado por el grupo de sujetos objeto de nuestra investigación. No obstante, no podemos rechazar que la acentuación de esa pérdida moderada de la sensibilidad en las frecuencias altas (3000 - 8000 Hz), en los sujetos

sometidos a ruido, pudiera ser el origen de un ligero trauma acústico que podría llegar a hacerse evidente si dichos sujetos continuasen durante largo periodo de tiempo sometidos a sobrecargas adicionales de ruido.

Las figuras 28 y 29 muestran los umbrales de audición obtenidos en cada una de las escuelas analizadas.

Por último tenemos como factor significativo la relación entre sexo y frecuencias (SS). Las diferencias medias en umbral entre chicos y chicas no son significativamente distintas, ahora bien el estudio detallado según frecuencias (Fig. 30), muestra que las chicas tienen un umbral más alto (oyen peor) que los chicos en bajas frecuencias (125 - 250 Hz), mientras que esta relación se invierte en las altas frecuencias (4000 a 8000 Hz) y son los chicos los que oyen peor siendo significativa la diferencia encontrada en los valores correspondientes a dichos rangos de frecuencias. Las respuestas en las frecuencias medias no son básicamente distintas para ambos grupos.

En general, los datos indican que los chicos poseen un umbral más alto que las chicas, estas pequeñas diferencias halladas para cada una de las frecuencias se podría relacionar con una mayor exposición a sucesos asociados con ruido en los chicos que en las chicas, Roche y cols. (1978), Wards y Glorig (1961) Bess y Powell (1972), incrementándose marcadamente en los muchachos adolescentes pudiéndose relacionar es-

ta mayor exposición al ruido con diferencias en el umbral auditivo.

Hay datos que hacen suponer que las mujeres son más resistentes a la variación permanente del umbral producido por el ruido (P. T. S.) que los hombres, Ward (1969) y que tanto las Influencias nosoacústicas (enfermedad) como las socioacústicas (P. T. S. producido por los ruidos diarios) son más grandes en los hombres que en las mujeres.

### VII. 3.- RESULTADOS DE LA AUDIOMETRIA VOCAL

La realización de esta prueba permitió conocer la existencia de posibles diferencias respecto al umbral de inteligibilidad entre los escolares expuestos al ambiente ruidoso y los que no. Fue utilizado como material fonético en las exploraciones el Test CIF (Punto V. 2. 2. 2.).

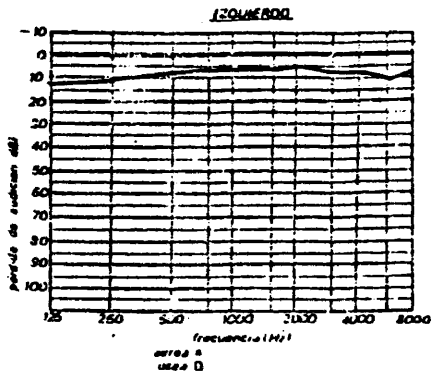
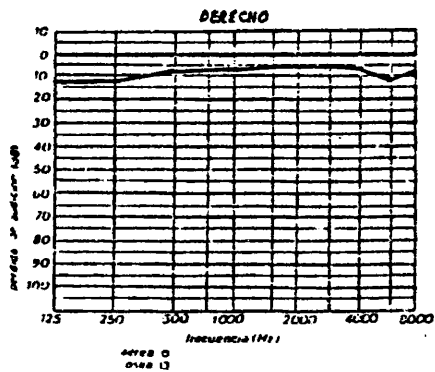
Los ensayos de inteligibilidad se llevaron a cabo en el mismo colegio, en el interior de los laboratorios móviles del Instituto de Acústica (Punto V. 2. 2. 2.).

En nuestro estudio cada niño escuchó cinco grupos de palabras monosílabas y cinco grupos de bisílabas. El nivel con el que fueron presentadas las palabras empezó en 15 dB, para el primer grupo, aumentando 5 dB para cada grupo posterior con un nivel máximo de 35 dB. El procedimiento para la presentación de las palabras fue idéntico para los grupos de bisílabas que para el de monosílabas.

Los resultados obtenidos por los alumnos en dichas pruebas, fueron examinados mediante análisis de varianza, Tabla V. Esta Tabla muestra que el factor ruido (R) no ha sido significativo, lo que presupone que el ambiente ruidoso al que han estado sometidos los alumnos del grupo experimental no ha reducido su capacidad sensorial, la capacidad de detección auditiva, que les permite hacer precisas discriminaciones sonido-palabra, no ha sido modificada permaneciendo intacta su capacidad de inteligibilidad Figs. 31, 32, 33 y 34. Este resultado implica que las predicciones teóricas no se han cumplido. El ambiente ruidoso (ruido de aviones) al que han estado sometidos los sujetos del grupo experimental no tiene una influencia significativa sobre su estado de audición. La Tabla nos muestra un único resultado significativo que sería el factor escuelas E (R). Los resultados correspondientes a las distintas escuelas difieren entre sí independientemente de que estén o no sometidas a ruido. Las Figs. 35 y 36 muestran las curvas de inteligibilidad, obtenidas en función del nivel de presión sonora, para cada una de las escuelas elegidas. Si comparamos estas curvas con la representada en la Fig. 5 (Apartado II. 2. 2) gráfica tipo, que representa la inteligibilidad normal, observamos que existe una gran coincidencia, no existiendo diferencias esenciales entre ellas, tanto en la curva de las monosílabas como en el de las bisílabas, hallándose dichas diferencias dentro del margen de variación normal que puede darse en la curva de inteligibilidad, lo cual permite concluir que el grupo de niños analizado, tanto los del grupo experimental como los del grupo control, gozan de una inteligibilidad normal.

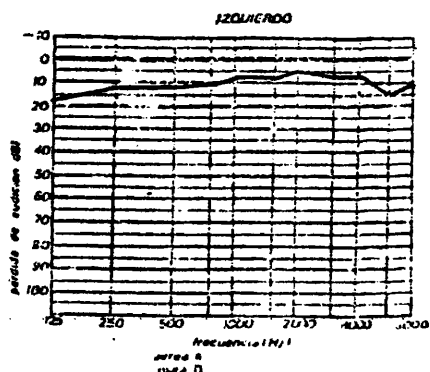
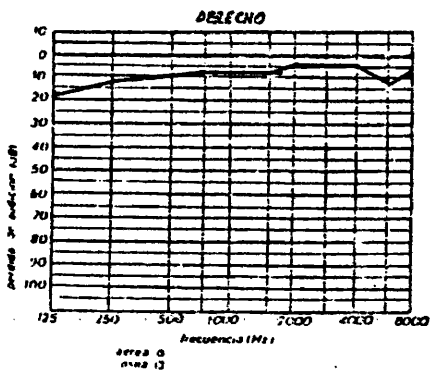
Antecedentes **COLEGIO A**  
(San Esteban)

DEPARTAMENTO DE ACUSTICA



**COLEGIO B**  
(Nstra. Sra. de los Angeles)

DEPARTAMENTO DE ACUSTICA



**Colegio C**  
(María Góñalons)

DEPARTAMENTO DE ACUSTICA

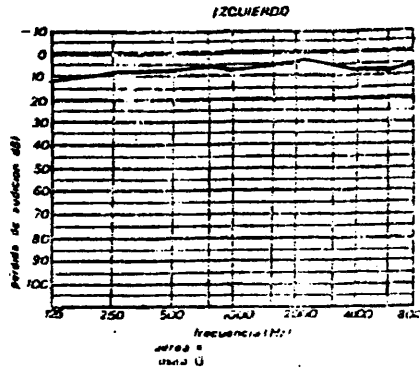
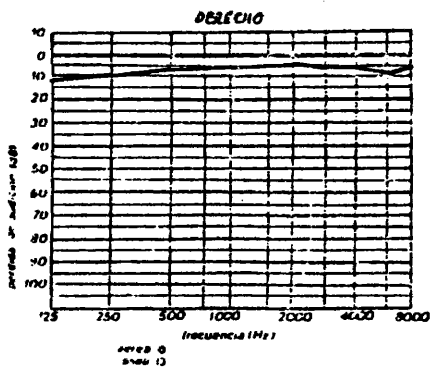
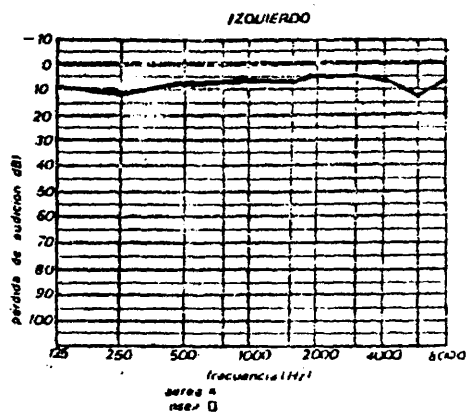
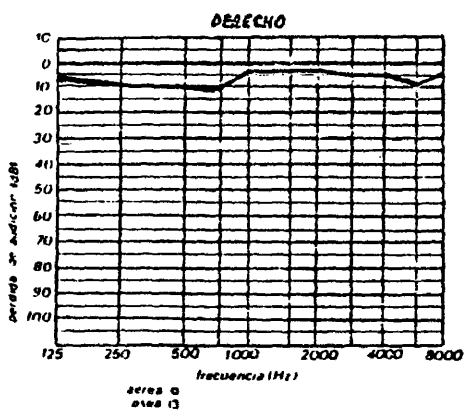


Fig. 24.- Descripción estadística de los umbrales de audición de los alumnos de las 3 escuelas ruidosas

Colegio D  
(Alfonso X)

DEPARTAMENTO DE ACUSTICA



Colegio E  
(San Pablo)

DEPARTAMENTO DE ACUSTICA

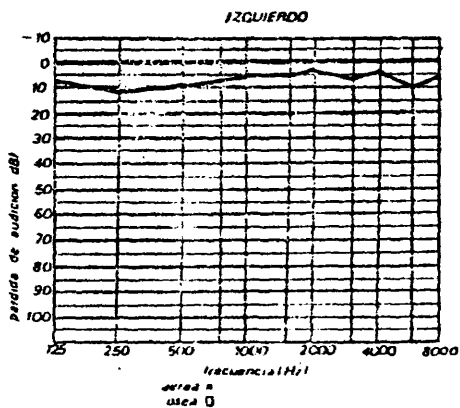
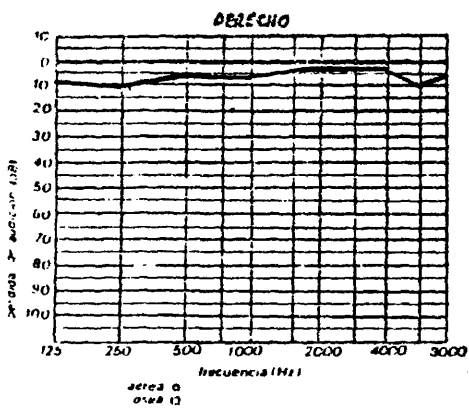


Fig. 25. - Descripción estadística de los umbrales de audición de los alumnos de las escuelas no ruidosas.



TABLA I  
 ESCUELAS CON RUIDO (CHICAS)

Escuelas						
OIDO IZQUIERDO	A		B		C	
	MEDIA	SD	MEDIA	SD	MEDIA	SD
125 Hz	12'15	5'84	16'50	7'09	12'33	5'93
250 "	11'59	6'17	13'80	5'67	9'33	4'95
500 "	9'54	4'15	13'00	6'32	9'33	5'30
750 "	8'75	5'91	11'00	4'59	6'66	5'23
1000 "	6'36	5'64	7'00	3'49	7'66	5'62
1500 "	6'36	6'67	8'00	4'21	5'33	3'51
2000 "	5'63	6'40	5'00	3'33	4'00	3'87
3000 "	6'47	6'05	7'00	6'74	6'00	5'07
4000 "	7'27	4'99	7'50	8'57	8'33	6'45
6000 "	10'90	7'94	15'50	8'64	8'66	6'93
8000 "	8'63	7'18	11'50	8'51	6'66	4'49
<b>OIDO DERECHO</b>						
125 Hz	12'61	6'14	17'50	5'40	12'66	4'57
250 "	11'47	6'34	12'50	7'54	10'66	4'95
500 "	8'63	4'86	10'00	4'08	7'66	2'58
750 "	8'52	5'45	7'50	4'24	7'33	4'57
1000 "	6'47	5'45	8'00	3'49	5'33	3'51
1500 "	6'13	5'58	8'50	3'37	5'00	3'27
2000 "	5'56	5'82	5'50	2'83	4'66	4'41
3000 "	6'93	7'08	5'50	3'68	5'00	4'22
4000 "	6'93	6'30	5'50	3'68	5'33	5'16
6000 "	10'68	7'36	13'00	8'88	8'66	6'11
8000 "	8'06	7'56	7'00	6'32	5'66	4'95

Puntuación media y desviación típica para cada una de las frecuencias exploradas, grupo de chicas, escuelas ruidosas.

TABLA II  
 ESCUELAS CON RUIDO (CHICOS)

Escuelas						
OIDO IZQUIERDO	A		B		C	
	MEDIA	SD	MEDIA	SD	MEDIA	SD
125 Hz	10'66	4'49	14'23	4'00	11'27	5'54
250 "	12'66	5'37	10'76	4'93	9'90	5'13
500 "	9'33	4'30	10'00	4'08	9'36	5'44
750 "	8'50	5'11	7'30	4'38	7'90	5'74
1000 "	5'50	5'30	5'76	3'44	6'90	5'73
1500 "	4'33	5'20	4'61	3'79	5'81	5'16
2000 "	6'16	4'29	3'46	3'75	4'72	5'30
3000 "	6'33	4'90	3'46	3'15	6'36	5'22
4000 "	6'83	6'08	5'00	4'08	6'63	6'08
6000 "	12'83	9'97	13'84	8'20	12'36	7'31
8000 "	11'33	9'37	8'07	5'96	9'45	6'57
<b>OIDO DERECHO</b>						
125 Hz	12'00	5'50	13'46	4'73	12'36	6'58
250 "	12'00	4'84	9'23	5'71	11'36	5'64
500 "	10'83	5'58	9'61	4'77	10'63	5'00
750 "	8'83	4'85	6'92	5'21	8'18	5'80
1000 "	7'33	5'52	6'92	3'83	8'27	5'20
1500 "	6'66	4'22	4'23	4'00	5'09	5'22
2000 "	6'16	5'03	4'23	4'00	5'00	4'61
3000 "	7'00	6'24	3'46	3'75	6'45	6'21
4000 "	7'00	7'38	5'76	4'93	7'72	6'79
6000 "	17'16	12'57	11'53	5'91	11'81	8'07
8000 "	12'50	9'16	6'15	6'50	8'45	6'86

Puntuación media y desviación típica para cada una de las frecuencias exploradas, grupo de chicos, escuelas ruidosas.

TABLA III

## ESCUELAS SIN RUIDO (CHICAS)

OIDO	Escuelas			
	D		E	
	MEDIA	SD	MEDIA	SD
<b>IZQUIERDO</b>				
125 Hz	10.32	6.06	8.97	5.61
250 "	11.45	5.68	11.76	6.61
500 "	9.24	4.74	9.55	5.27
750 "	8.38	4.32	8.38	6.12
1000 "	7.01	4.19	6.47	4.35
1500 "	7.01	4.29	5.88	3.78
2000 "	5.48	4.01	4.85	4.17
3000 "	5.40	4.98	6.32	6.43
4000 "	6.93	6.16	4.55	5.82
6000 "	11.45	7.96	10.88	7.83
8000 "	8.14	7.80	7.20	6.05
<b>DERECHO</b>				
125 Hz	8.38	4.94	9.70	5.63
250 "	9.59	5.60	10.58	5.47
500 "	6.69	4.24	7.64	4.64
750 "	6.61	4.41	7.50	4.96
1000 "	4.75	3.77	6.17	4.09
1500 "	4.43	4.15	4.70	3.46
2000 "	4.19	4.26	4.26	3.51
3000 "	5.08	4.65	4.41	5.03
4000 "	5.32	4.51	4.11	4.99
6000 "	8.06	7.09	10.88	6.90
8000 "	5.80	5.13	6.47	5.43

Puntuación media y desviación típica para cada una de las frecuencias exploradas, grupo de chicas de las escuelas no ruidosas.

TABLA IV

ESCUELAS SIN RUIDO (CHICOS)

Escuelas				
OIDO IZQUIERDO	D		E	
	MEDIA	SD	MEDIA	SD
125 Hz	10.27	7.36	9.28	4.87
250 "	10.00	5.60	9.57	5.60
500 "	9.58	4.98	9.00	4.33
750 "	9.30	4.80	9.14	4.28
1000 "	8.19	3.99	6.28	2.80
1500 "	6.52	4.90	5.00	3.83
2000 "	6.38	5.68	5.71	6.20
3000 "	7.22	5.53	6.28	5.05
4000 "	6.38	5.92	5.85	5.35
6000 "	12.50	10.17	10.28	6.17
8000 "	6.38	5.92	9.85	5.87
<b>OIDO DERECHO</b>				
125 Hz	8.75	6.58	8.14	5.01
250 "	8.47	4.60	8.57	3.94
500 "	7.77	4.84	7.14	3.88
750 "	7.22	4.99	6.28	4.08
1000 "	5.69	3.99	5.00	3.83
1500 "	4.44	4.10	3.57	3.75
2000 "	4.85	5.40	4.85	4.77
3000 "	5.97	4.44	6.42	4.78
4000 "	6.80	7.18	7.57	6.22
6000 "	11.80	7.94	10.28	7.46
8000 "	7.91	6.02	6.85	5.82

Puntuación media y desviación típica para cada una de las frecuencias exploradas, grupo de chicos de las escuelas no ruidosas

TABLA V

ANALYSIS OF VARIANCE FOR 11-ST DEPENDENT VARIABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	DEGREES OF FREEDOM	MEAN SQUARE	F	PROB. F EXCEEDED
MEAN	367275.83594	1	367275.83594	1779.51871	.000
N	1596.17773	1	1596.17773	7.73377	.006
E(R)	575.82324	3	191.94108	.92999	.426
S	8.86184	1	8.86184	.04303	.836
RS	59.54297	1	59.54297	.28850	.592
ES(R)	1075.62402	3	358.54134	1.73720	.159
ERROR	66870.53711	324	206.39054		
I	713.98706	1	713.98706	15.46360	.000
IR	427.28320	1	427.28320	9.18978	.003
IE(R)	306.26013	3	102.08671	2.19563	.088
IS	163.91357	1	163.91357	3.52537	.061
IRS	62.56323	1	62.56323	1.34558	.247
IES(N)	70.82861	3	23.60954	.50778	.677
ERROR	15064.52332	324	46.49546		
S	29069.25293	10	2906.92529	100.60393	.000
SR	1613.68262	10	161.36826	5.60200	.000
SE(R)	1552.61523	30	51.75384	1.79112	.005
SS	930.29492	10	93.02949	3.21960	.000
SRS	366.56934	10	36.65693	1.26864	.242
SES(N)	614.07660	30	20.46722	.70834	.879
LRROR	93618.98535	3240	28.89475		
IS	195.60322	10	19.56032	1.17615	.302
ISR	234.95068	10	23.49507	1.41130	.168
ISE(N)	556.50244	30	18.55008	1.11427	.305
ISS	225.51207	10	22.55181	1.35464	.195
ISRS	83.32129	10	8.33213	.50049	.891
ISESR	527.61426	30	17.58714	1.05642	.383
ERROR	53938.66377	3240	16.64760		

Tabla resumen del análisis de varianza realizado con las medidas de la audiometría vocal.

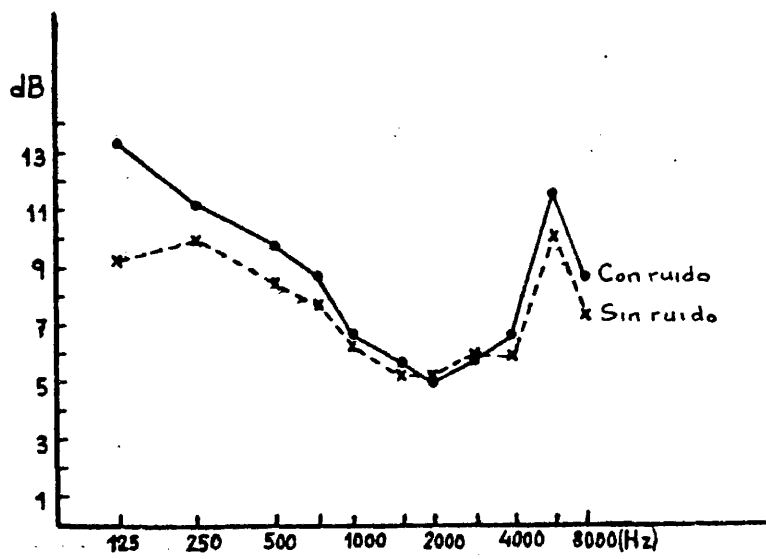


Fig. 26.- Pérdida media en dB para cada una de las frecuencias exploradas, para grupos con ruido y sin ruido.

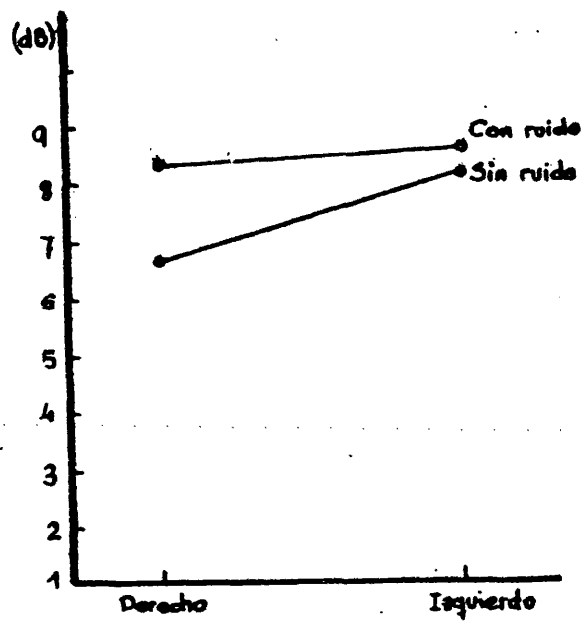


Fig. 27.- Pérdida globalizada para cada uno de los oídos (Izquierdo y derecho) y correspondiente a grupos con ruido y sin ruido.

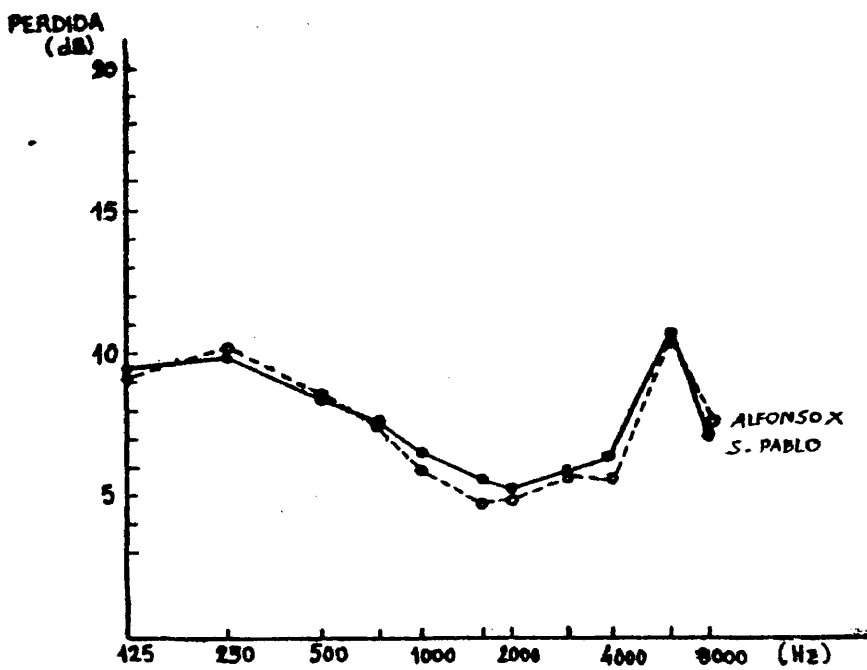


FIG. 28. - Curvas umbral de audición obtenidas por los alumnos de las escuelas de ruido ambiente normal.



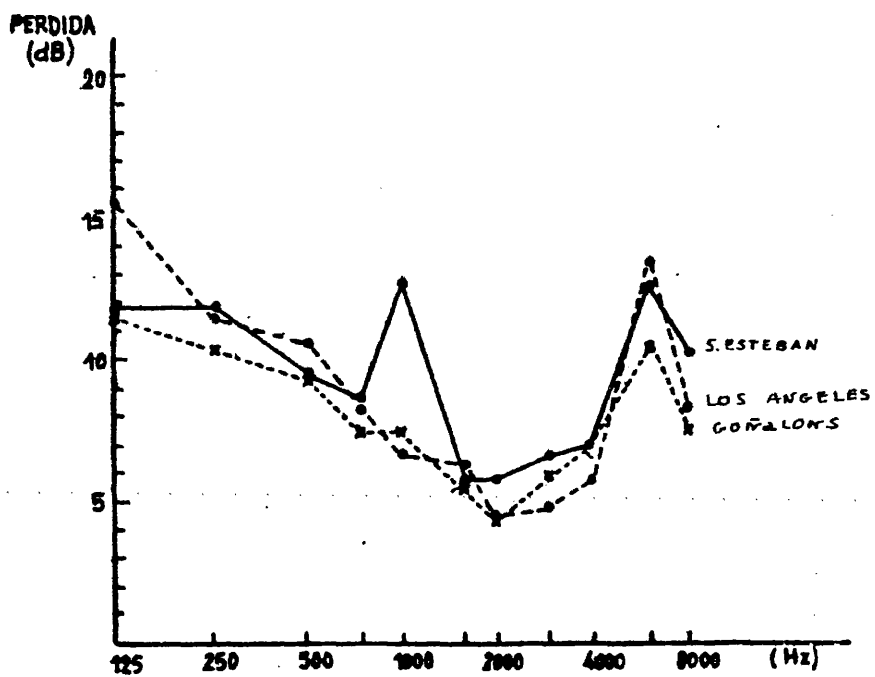


Fig. 29. - Curvas umbral de audición obtenidas por los alumnos de cada una de las escuelas del grupo de ambiente ruidoso.

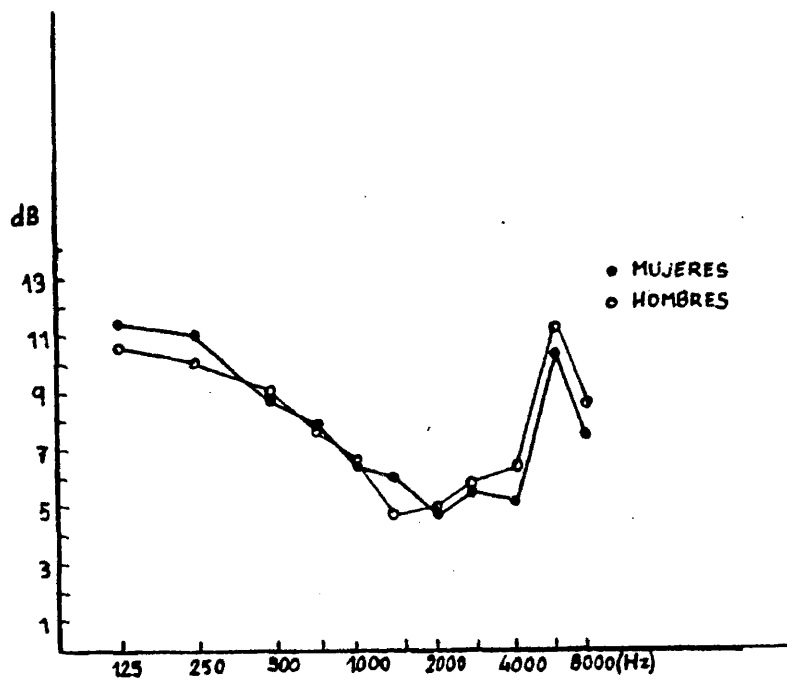


Fig. 30. - Curvas umbral de audición obtenidas para grupos de hombres y mujeres

TABLA VI

Tabla resumen del análisis de varianza realizado con las medidas de la audiometría vocal.

FACTORES	SC	GL	Me	F	P(F > f)
MEAN	11081798.750	1	11081798.750	2935.221	.000
R	775.578	1	775.578	.205	.651
E(R)	48369.406	3	16123.135	4.270	.006
S	2576.703	1	2576.703	.682	.409
RS	11.562	1	11.562	.003	.956
ES(R)	14718.156	3	4903.052	1.299	.275
ERROR	1223247.593	324	3775.455		

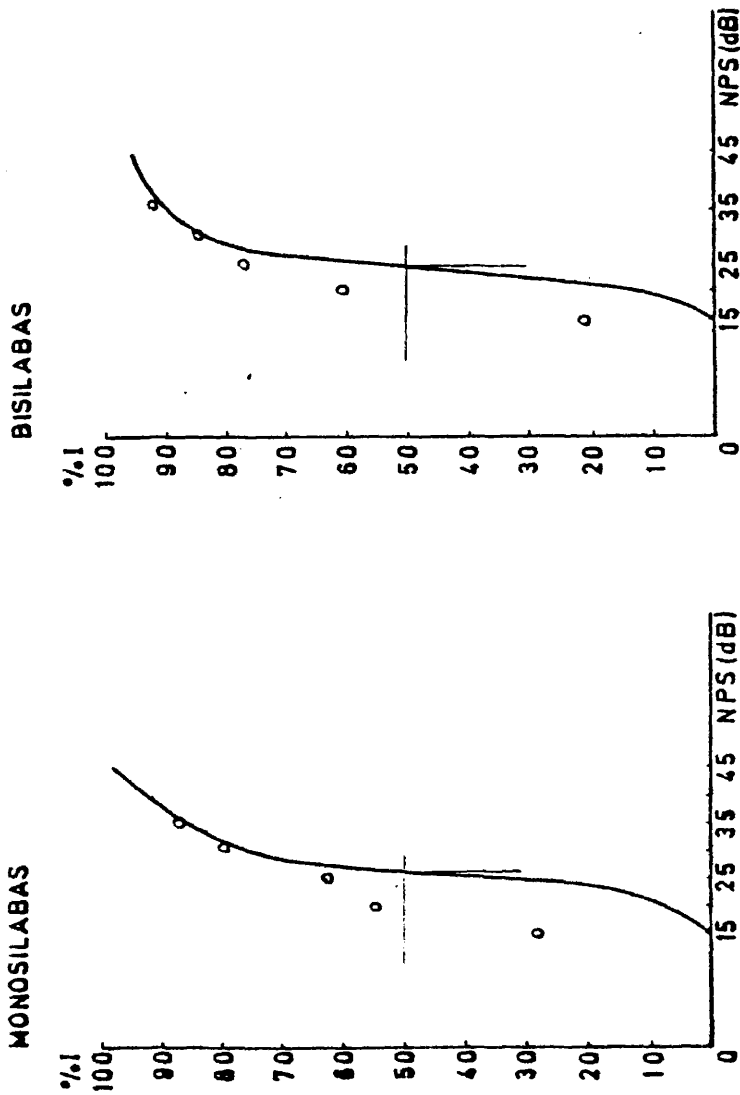


Fig. 31. - Curvas de inteligibilidad para los grupos de palabras monosilabas y bisilabas correspondientes a las mujeres del grupo de ambiente ruido.

50.

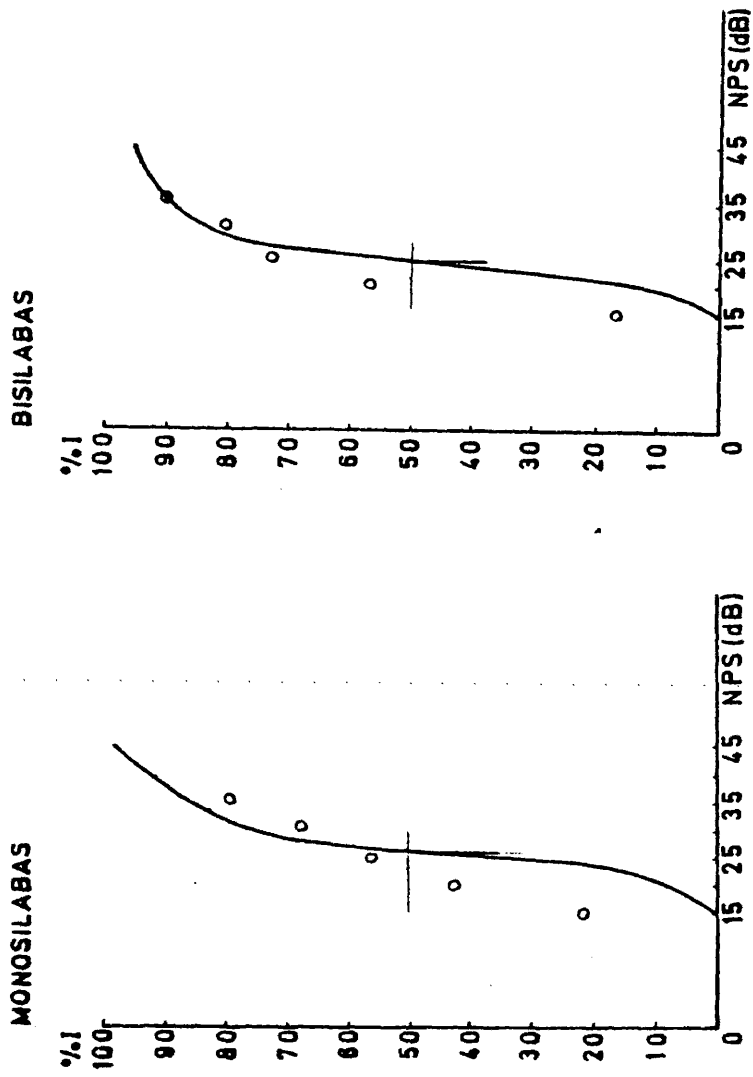


Fig. 32.- Curvas de inteligibilidad para los grupos de palabras monosilabas y bisilabas correspondientes a los hombres del grupo de ambiente ruidoso.

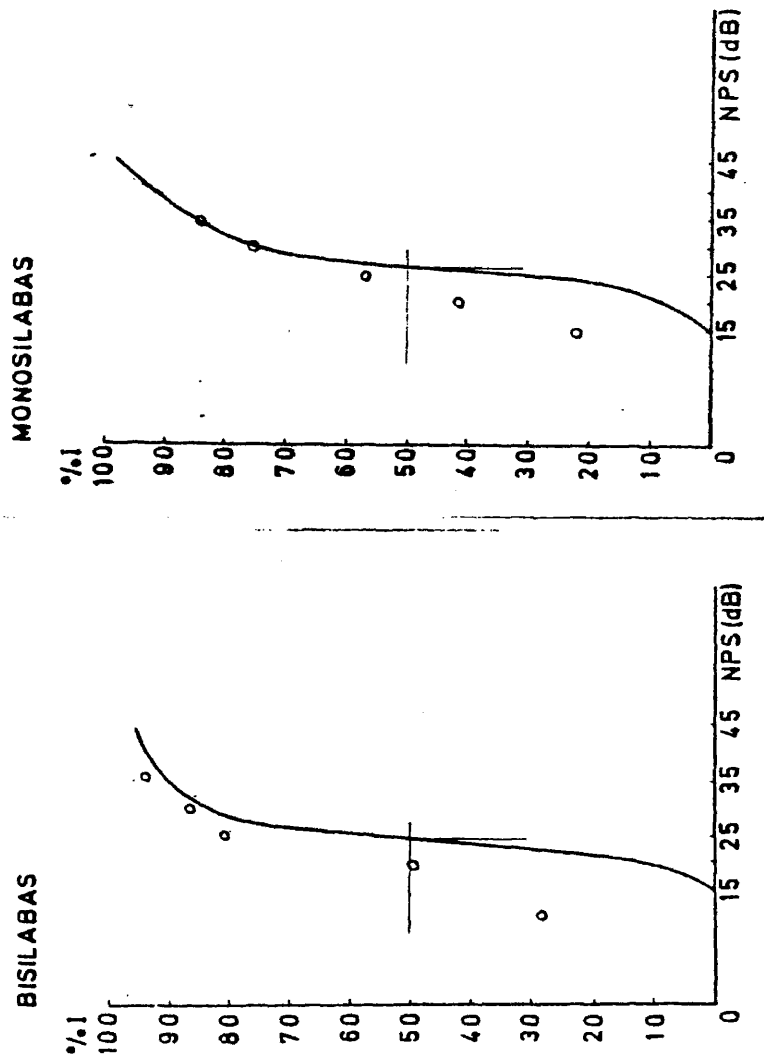


Fig. 33.- Curvas de inteligibilidad para los grupos de palabras monosilabas y bisilabas correspondientes a las mujeres del grupo sin ruido.

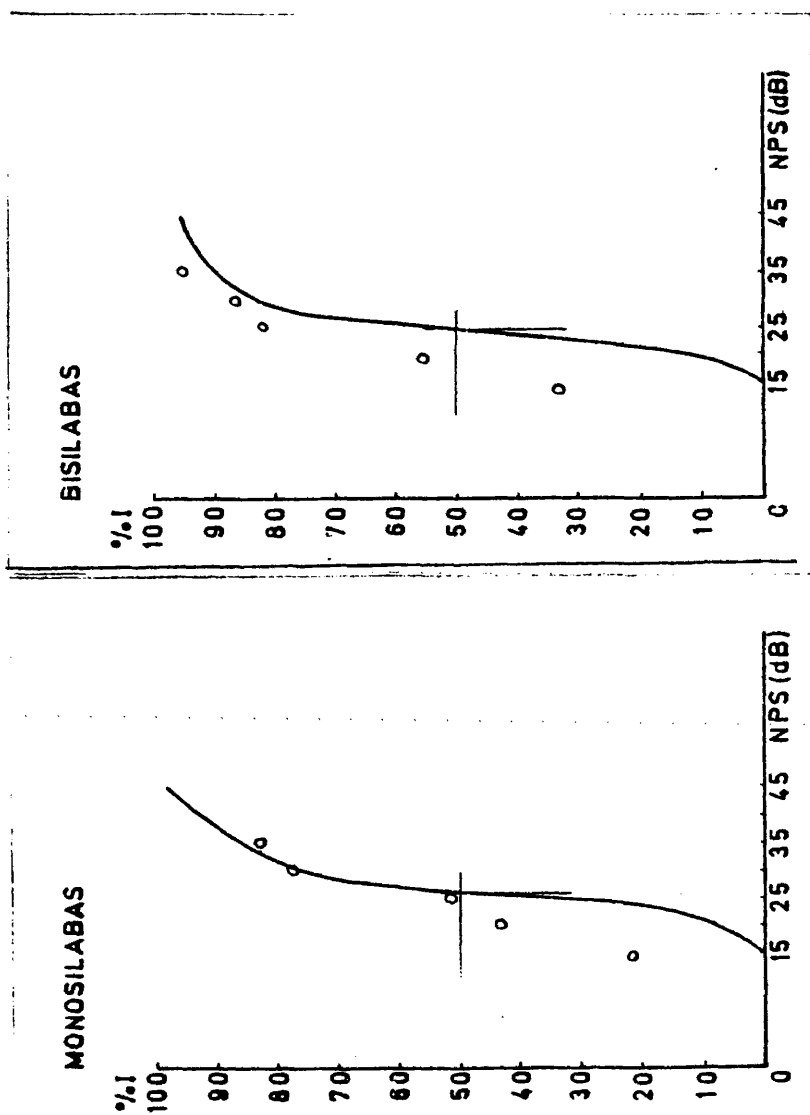


Fig. 34.- Curvas de Inteligibilidad para los grupos de palabras monosilabas y bisilabas correspondientes a los hombres del grupo sin ruido.

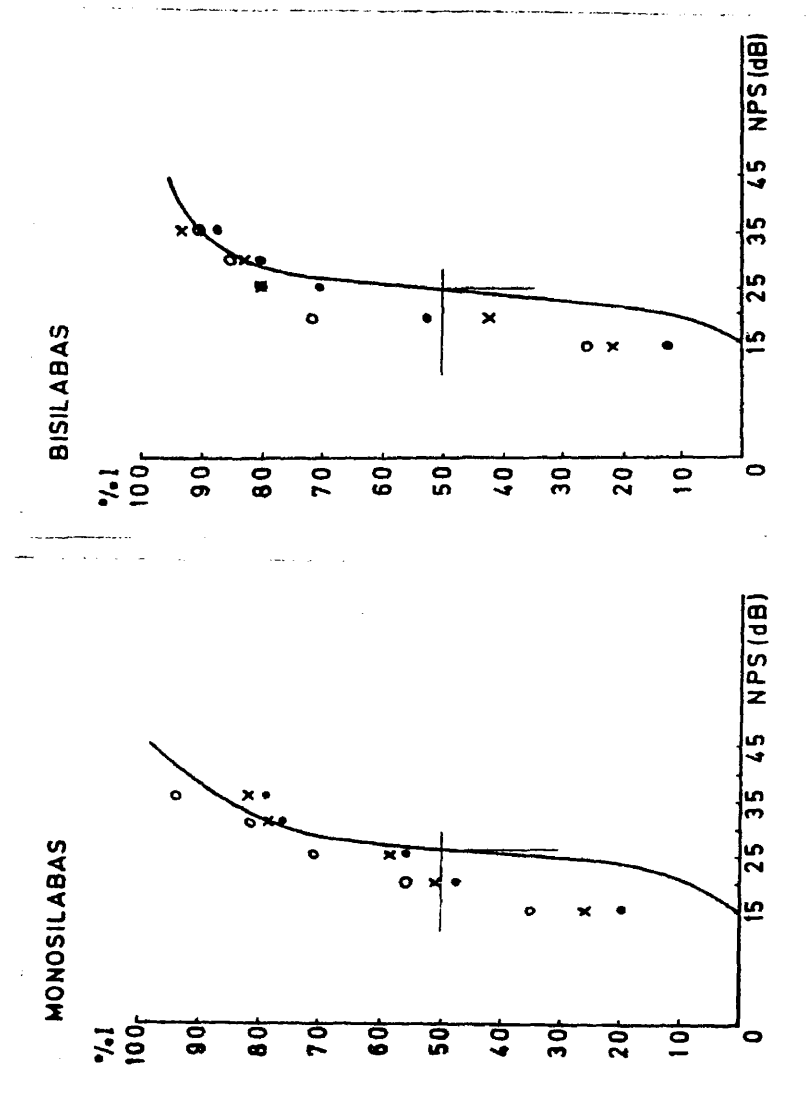


Fig.35 . - Curvas de inteligibilidad correspondientes a los alumnos de las escuelas ruidosas.  
 Nstra. Sra. de los Angeles ○  
 S. Esteban x  
 Goñalons ●



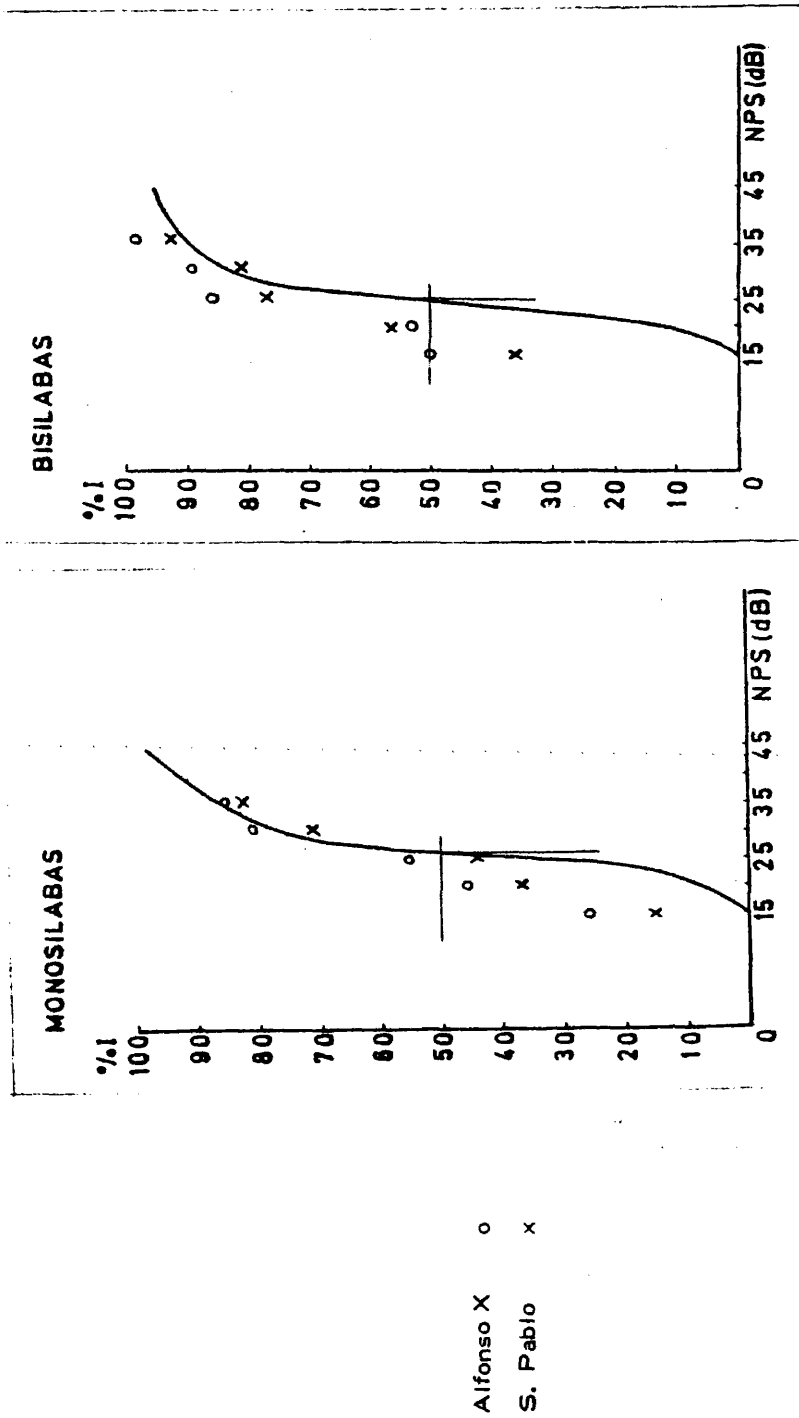


Fig. 36.- Curvas de inteligibilidad correspondientes a los alumnos de las escuelas sin ruido.

## CAPITULO VIII

---

### ESTUDIO 11: COMPROBACION DEL ESTADO DE ANSIEDAD Y RENDIMIENTO.

A través de este estudio se ha pretendido evaluar la influencia que el nivel de ruido que soportan los escolares de la zona del aeropuerto pueda tener en el rendimiento de una tarea de tipo intelectual, a la vez que conocer las posibles variaciones del nivel de ansiedad durante la realización de la prueba. Se ha demostrado que el estado de ansiedad aumenta en respuesta a determinadas pautas de stress, y decrece como resultado de la relajación.

Numerosas investigaciones han mostrado al ruido como un agente generador de stress en el hombre, el cual interfiere con el bienestar produciendo sentimientos de tensión, aprensión e inquietud.

El stress psicológico que produce el ruido evoca reacciones de ansiedad en los individuos con efectos demostrables de deterioro en la ejecución.

Edsell (1976) obtuvo que los sujetos difieren en el grado de ansiedad mientras realizaban una tarea competitiva en función del nivel de ruido (51, 61 o 75 dB(A)). A altos niveles de ruido se obtuvo mayor ansiedad. Los resultados han sido interpretados en el sentido de que el ruido incrementa el stress, lo que no ocurre en silencio (ruido ambiental a 51 dB(A)).

La acumulación de stress produce una sobrecarga para la capacidad del proceso de información individual, interfiriendo con la ejecución de la tarea.

Frankenhaenser y Johanson (1976) demostraron un aumento en el nivel de adrenalina de los sujetos cuando una tarea se realizaba bajo la condición de ruido intenso.

Los parámetros físicos del ruido son elementos importantes en la producción de stress, pero es la incidencia psicológica de la impredeción el principal determinante para producir los efectos relacionados de stress.

Durante la exposición a un ruido esperado los sujetos están sometidos únicamente al stress del ruido, en cambio durante la exposición a un ruido inesperado (ruido de aviones) los individuos experimentan no únicamente el stress sino también la ansiedad de sentirse incapaz de controlar su entorno, no siendo el ruido en sí el principal causante de interferencias sino la falta de control de los individuos sobre tal ruido.

Glass, Singer y Friedman (1969) sugieren que la adaptación de stress producido por el ruido está sujeta a un coste psicológico considerable, especialmente cuando el sujeto intenta mantener eficacia en las ejecuciones bajo la estimulación de ruido no predecible comparándolos con los casos en que sí lo es.

Esta reacción emocional subjetiva experimentada en un ambiente de ruido impredecible, ruido de aviones, desemboca en un estado de ansiedad como respuesta del individuo ante un estímulo que no puede controlar.

El aumento en el nivel de ansiedad produce un efecto fundamentalmente deteriorante sobre el rendimiento. La alta ansiedad se asocia con niveles bajos de rendimiento cuando la tarea o prueba que debe realizar el sujeto es personalmente importante pero no afecta a la ejecución si la prueba se considera como de poca importancia.

En la mayoría de los estudios realizados, la ansiedad tiende a correlacionar negativamente con rendimiento.

#### VIII. 1. METODO DE ESTUDIO Y REALIZACION

Para este estudio se contó con una muestra de 334 sujetos, cuyas características están descritas en el capítulo V. 2. 1. El material empleado para la medida de la ansiedad y del rendimiento están descritos respectivamente en el capítulo V. 2. 2. 4 y V. 2. 2. 3.

##### VIII. 1. 1. - Procedimiento

Las pruebas se aplicaron de forma colectiva en cada una de las escuelas seleccionadas. El grupo control las realizó en condiciones sonoras

normales y el grupo experimental bajo la estimulación del ruido de aviones propio de la zona. A todos los sujetos se les tomó una medida inicial mediante el test de Inteligencia general TIG-1, con el fin de comprobar si los distintos grupos pertenecientes a cada una de las escuelas eran equivalentes, no habiéndose encontrado diferencias significativas entre ellos.

El diseño experimental se podría esquematizar de la siguiente forma:

1. Medida de la ansiedad (Escala de Estado/Rasgo)
2. Ejecución de tarea (30' duración)
3. Medida de la ansiedad (Escala de Estado)
4. Ejecución de la tarea (30' duración)
5. Medida de la ansiedad (Escala de Estado/Rasgo)

El tiempo para la realización de la prueba fue de una hora, dividida en dos partes, cada una de treinta minutos, con objeto de comprobar la variación del rendimiento y ansiedad a lo largo del desarrollo de la prueba.

En primer lugar se aplicaron las dos escalas del STAI (Estado y Rasgo). La escala de Estado de ansiedad (forma X-1) se dio en primer lugar, seguida de la escala de Rasgo de ansiedad (forma X-2). Se aplicaron en este orden por ser el que se recomienda cuando ambas escalas se aplican juntas. Puesto que la escala de Estado fue diseñada para ser sensible

a las condiciones bajo las que el test es administrado, las puntuaciones en esta escala pueden estar influenciadas por la atmósfera emocional que se puede crear si la escala de Rasgo se aplica en primer lugar. Seguidamente, una vez que se cumplimentaron ambas escalas, los sujetos y durante un tiempo de treinta minutos realizaron la tarea (prueba de razonamiento numérico). Al final de dicho periodo de tiempo, los alumnos fueron interrumpidos y se les aplicó el STAI, escala de Estado. Una vez realizado el test los sujetos nuevamente volvieron a trabajar en la tarea durante otro periodo de treinta minutos, al finalizar el cual volvieron a verificar ambas escalas del STAI (Estado y Rasgo).

En los análisis del rendimiento en la tarea se tomaron en consideración los siguientes índices que se comentan a continuación

**ACIERTOS:** Indica la puntuación directa obtenida por el sujeto. Considera el número total de ítems de la prueba solucionados correctamente.

**ERRORES:** Constituido por el número total de ítems solucionados incorrectamente.

**RENDIMIENTO EFECTIVO:** Este índice viene expresado por el número total de aciertos menos el de errores.

En cuanto a la medida de la ansiedad se obtuvieron cinco medidas, dos de rasgo de ansiedad y tres de estado de ansiedad, mediante la aplicación

del STAI completo en tres momentos del proceso experimental.

En todas las ocasiones las instrucciones dadas a los sujetos fueron las mismas, las contenidas en el ejemplar de la prueba.

A partir de los datos recogidos en los 334 sujetos de la muestra se realizaron diversos análisis de varianza con el programa BMDP2V (Dixon 1975).

Las variables independientes estudiadas fueron:

R, ruido (con dos niveles CR (con ruido) y SR (sin ruido) ).

E, escuelas (anidado con el factor R).

S, sexo.

En los análisis de rendimiento se tomaron en consideración los siguientes índices:

AC, aciertos, identificada mediante las claves AC1, AC2 (aciertos realizados en la 1ª y 2ª parte del trabajo ).

ER, errores, identificada mediante las claves: ER1, ER2 (errores realizados en la 1ª y 2ª parte del trabajo respectivamente).

RE, rendimiento efectivo, identificada mediante: RE1, RE2 (rendimiento efectivo en la 1ª y 2ª parte del trabajo respectivamente).

En el estudio del nivel de ansiedad se analizó:

AR, Ansiedad Rasgo. Esta medida se identificó con las siguientes claves: AR1 y AR2 (1ª y 2ª aplicación de la escala de rasgo de ansiedad).

AM, Ansiedad Estado, Identificada mediante las claves: AM1, AM2, AM3 (1ª, 2ª y 3ª aplicación de la escala de estado de ansiedad, respectivamente).

## VIII. 2. RESULTADOS

### VIII. 2. 1. - Rasgo de ansiedad

El rasgo de ansiedad hace referencia a características de propensión a la ansiedad, relativamente estables para cada individuo. Dichas diferencias individuales pueden inferirse de la frecuencia e intensidad de las reacciones de estado de ansiedad a través del tiempo.

El rasgo de ansiedad puede también ser considerado como reflejo de las diferencias individuales en la frecuencia e intensidad con que los estados de ansiedad se han manifestado en el pasado.

En este apartado se analiza el comportamiento diferencial de los sujetos en el rasgo de ansiedad en función del ambiente ruidoso.

El problema se expresa: ¿Influye el ambiente ruidoso en el rasgo de ansiedad?

Hipótesis: El stress psicológico que produce el ruido eleva el nivel de ansiedad.

1º. Los sujetos que durante un largo periodo de tiempo hayan vivido en un



ambiente de ruido elevado tendrán mayor nivel en rasgo de ansiedad.

2º Las puntuaciones en rasgo de ansiedad permanecerán constantes a lo largo de las dos aplicaciones; no presentarán alteraciones en la respuesta al stress situacional.

Las Tablas VII y VIII presentan los resultados obtenidos en los análisis de varianza.

#### VIII. 2. 1. 1. - Primera aplicación

Estudiando los datos obtenidos de la primera aplicación del STAI rasgo, Tabla VII, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- Que el nivel de ruido no tiene una ingerencia significativa sobre el rasgo de ansiedad, no confirmándose el 1<sup>er</sup> supuesto teórico del que partamos.
- La tabla nos muestra un único resultado significativo al 1%, que corresponde al factor sexo. Las mujeres puntúan más alto en rasgo de ansiedad que los hombres (Fig. 37).

La explicación a las diferencias en ansiedad encontradas entre hombres y mujeres, se podrían encontrar en los estudios realizados por Sarason (1957, 59, 63 y 64) y Stevenson y Odon (1965). Dichos estudios muestran que las diferencias (mujeres, hombres) son mínimas en los primeros cursos de escolaridad, para ir aumentando hasta llegar a ser significativas, con el curso de los años. Las mujeres tienden a aumentar el nivel de

ansiedad tanto a lo largo de los primeros cursos escolares, como a continuación, mientras que los varones incrementan significativamente su ansiedad a través de los primeros años para mostrar, después, incrementos no significativos, o descensos significativos en los últimos años.

#### VIII. 2. 1. 2. - Segunda aplicación

Los resultados se encuentran en la Tabla VIII.

Globalmente, se muestran diferencias no significativas, en ambos grupos (con ruido y sin ruido) entre la primera y segunda aplicación apoyando de esta manera, la supuesta estabilidad de las medidas de rasgo de ansiedad.

Las puntuaciones de los sujetos pertenecientes al grupo ruidoso, descendieron ligeramente tras la segunda aplicación, siendo esta diferencia no significativa, mientras que las puntuaciones del grupo de sujetos pertenecientes a las escuelas no ruidosas se mantuvieron estables en ambas aplicaciones (Fig. 38).

El resultado del presente análisis muestra que las puntuaciones en Rasgo de Ansiedad no están influenciadas por la situación de stress asociado con el nivel de ruido lo que concuerda con otros estudios en los que se demostró que las puntuaciones en Rasgo de Ansiedad apreciados por el STAI no cambian en respuesta al stress situaciones (Spiebbenger 1970).

### VIII. 2. 2. Estado de ansiedad

El estado de ansiedad está conceptualizado como un estado emocional transitorio que varía en intensidad y fluctúa en el tiempo en función de la cantidad de stress que incide sobre un individuo. El nivel de estado de ansiedad será alto en circunstancias que son percibidas por el sujeto como amenazantes, la intensidad del estado de ansiedad será baja en situaciones no estresantes, o en circunstancias en las que el peligro objetivo no es percibido como amenazante. La duración de la reacción de estado de ansiedad dependerá de la persistencia del estímulo que la evoca y de la experiencia previa del individuo de circunstancias semejantes.

En la mayoría de los estudios realizados, la ansiedad tiende a correlacionar negativamente con rendimiento. La ansiedad no se relaciona con la ejecución, si la prueba o tarea se considera como de poca importancia pero cuando la tarea es de dificultad elevada la ansiedad deteriora la ejecución del individuo.

En este apartado estudiamos la influencia del ambiente ruidoso en el estado de ansiedad de los sujetos cuando realizan una tarea difícil.

Nuestro trabajo lo planteamos de la forma siguiente:

¿ Influye el ambiente ruidoso en el nivel del Estado de Ansiedad ? .

**Hipótesis:** La realización de una tarea de dificultad elevada en un ambiente ruidoso provocará niveles más altos en el estado de ansiedad de los escolares, que si esta misma tarea se desarrolla en condiciones de ruido ambiental normales.

Para una mayor comprobación de esta hipótesis se tomaron medidas sucesivas del estado de ansiedad durante el tiempo que duró la tarea con objeto de conocer las posibles fluctuaciones del nivel de ansiedad durante la situación experimental.

Para cada sujeto se obtuvieron tres medidas del estado de ansiedad mediante la aplicación del STAI completo en tres momentos del proceso experimental.

Las Tablas IX, X y XI presentan los resultados obtenidos en los respectivos análisis de varianza.

En el análisis de los datos se puede observar la similitud de resultados (Fig. 39) en las tres medidas del estado de ansiedad en ambos grupos, con ruido y sin ruido; es decir, las pautas de influencia de la ansiedad se manifestaban prácticamente de igual manera en ambos grupos.

Las Tablas IX y X muestran que ninguno de los factores analizados influyeron significativamente en el estado de ansiedad en la primera y segunda aplicación.

La Tabla XI que corresponde a la tercera medida del estado de ansiedad, muestra un único resultado significativo, al 1% que corresponde al factor sexo. Las mujeres obtuvieron, al finalizar la prueba, un nivel en el estado de ansiedad significativamente superior al de los hombres. Fig. 40.

En ambos grupos, con y sin ruido, se observa una cierta tendencia a ir aumentando progresivamente su nivel de ansiedad a lo largo de la realización de la prueba, siendo esta tendencia ligeramente superior en el grupo de sujetos de ambiente ruidoso, tal y como muestran las medias de las puntuaciones que, a continuación se exponen.

	GRUPO CON RUIDO	GRUPO SIN RUIDO
1ª Medida	40'49	41'80
2ª Medida	42'11	43'23
3ª Medida	45'65	44'91

No obstante, el nivel de ansiedad no fue afectado diferencialmente por el ruido, por lo que no queda confirmada la hipótesis de partida.

Este resultado puede deberse a que la situación de prueba en sí misma, no fuese lo suficientemente productora de tensión, de modo que encubriese el posible efecto del ambiente ruidoso sobre el estado de ansiedad.

### VIII. 2. 3. RENDIMIENTO

En este apartado se recoge el análisis de la influencia del ambiente ruidoso en el rendimiento de una tarea de tipo intelectual.

El análisis pretende resolver la interrogante ¿Influye el ruido en la ejecución de una tarea de razonamiento numérico?

Hipótesis: El ambiente ruidoso perturba el rendimiento.

1. El número de aciertos será menor en el grupo de sujetos con ambiente ruidoso.
2. El número de errores será mayor en el grupo de sujetos con ambiente ruidoso.
3. El rendimiento efectivo será menor en el grupo de sujetos con ambiente ruidoso.

Para la comprobación de esta hipótesis se realizaron diversos análisis de varianza para los que se tomó en consideración la división de la tarea en dos partes.

#### VIII. 2. 3. 1. Rendimiento durante la primera parte de la tarea.

##### VIII. 2. 3. 1. 1. - Acertos

Del análisis de las puntuaciones referentes al total de acertos obtenemos en la primera parte de la ejecución de la tarea, Tabla XII, se

puden extraer las siguientes conclusiones:

- La cantidad de aciertos conseguidos por el grupo de sujetos pertenecientes a las escuelas ruidosas fué significativamente mayor al 1%, que la correspondiente al grupo control. Fig. 41.

En esta primera parte del trabajo la pauta de actuación seguida por los sujetos fue diferente a las predicciones teóricas de partida, no comprobándose la hipótesis de que el ambiente ruidoso disminuía el número de aciertos.

Estos resultados podrían explicarse aludiendo que los sujetos sometidos a un ambiente ruidoso movilizan una mayor cantidad de esfuerzo a fin de superar y lograr adaptarse a la situación de stress creada por el ruido, y de este modo poder satisfacer el objetivo del rendimiento. Este esfuerzo complementario puede llegar a ejercer una función activadora, favoreciendo el rendimiento, o bien puede producir efectos adversos sobre el mismo, dependiendo de la duración y complejidad de la tarea.

En nuestro caso concreto y puesto que la duración de la tarea en esta primera parte no fue excesiva, treinta minutos, el esfuerzo suplementario desarrollado por dichos sujetos con el fin de lograr un buen rendimiento en dicho ambiente ruidoso, ejerció una función estimulante capaz de aumentar la eficacia y favorecer el rendimiento.

= La media de aciertos realizados, en esta primera parte de la tarea, por el grupo de mujeres fue significativamente inferior al nivel 1 %, que el realizado por el grupo de los hombres, Fig. 42.

Esta diferencia, en el número de aciertos, puede ser explicada por el mayor nivel de ansiedad de las mujeres (puntos VIII.2.1 y VIII.2.2), el cual pudo interferir con el rendimiento.

#### VIII.2.3.1.2.- Errores

La Tabla XIII muestra los resultados del análisis de varianza referente a la media de errores de esta primera parte del trabajo.

El factor ruido ha resultado significativo. Los errores realizados por los sujetos del grupo de ambiente ruidoso fue menor con nivel de significación al 1 %, que los realizados por el grupo control (ambiente de ruido normal) Fig. 43.

Del análisis de los resultados se colige que el ambiente ruidoso no deterioró el rendimiento de los sujetos durante la primera media hora de ejecución de la tarea.



Estos resultados podrían explicarse aludiendo a la no interferencia del ambiente ruidoso cuando la exposición al ruido no es prolongada.

#### VIII. 2. 3. 1. 3. - Rendimiento efectivo

El rendimiento efectivo (aciertos menos errores) de esta primera parte no se vió influído por ninguno de los factores analizados (Tabla XIV).

Los sujetos sometidos al ambiente ruidoso, trabajaron más y mejor, realizando mayor número de aciertos y menor número de errores, aunque las diferencias respecto al rendimiento efectivo, entre ambos grupos con y sin ruido, no fueron significativas, por tanto la predicción correspondiente al tercer supuesto de la hipótesis no se vió confirmada por los resultados.

#### VIII. 2. 3. 2. - Rendimiento durante la segunda parte de la tarea

Consideraremos en este apartado el comportamiento diferencial de los sujetos en la realización de la segunda parte de la tarea y que se corresponde con los últimos treinta minutos del trabajo.

#### VIII. 2.3. 2. 1. - Aciertos

En esta segunda parte, los resultados manifestaron una clara tendencia a corroborar los supuestos teóricos de los que partíamos. El número de aciertos conseguidos por los sujetos de las escuelas ruidosas

fué significativamente inferior, al nivel 1% que el realizado por los alumnos de las escuelas no ruidosas (Tabla XV).

El nivel de ruido influyó en el mismo sentido de la hipótesis adoptada, deteriorando el rendimiento. El número de ítems solucionados correctamente, por el grupo de ambiente ruidoso, disminuyó a medida que aumentaba el tiempo de realización de la tarea, siendo significativa, al nivel del 1%, la diferencia en el número de aciertos obtenidos, entre la primera y segunda parte de la tarea, por el contrario, el grupo de sujetos no sometidos a ruido mantuvo casi constante el número de aciertos, en ambas partes de la tarea, no siendo significativa la diferencia encontrada.

La Fig. 41 muestra la tendencia de las puntuaciones en lo referente al número de aciertos en ambos grupos. El grupo de ambiente ruidoso realizó una media de aciertos en la primera parte de la tarea de 22'8 frente a una media de 16'8 en la segunda parte, el grupo control obtuvo una media de aciertos de 20'5 en la primera parte de la tarea y de 19'8 en la segunda.

A la vista de estos resultados obtenidos se puede observar el fuerte descenso, en el número de aciertos de la segunda parte, que experimentan los sujetos en las escuelas ruidosas en relación con el grupo control.

El número de ítems solucionados correctamente por grupo de ambiente ruidoso disminuyó a medida que aumentaba el tiempo de realización del trabajo.

Los resultados hallados en este segundo periodo del trabajo están de acuerdo con la teoría que alude a dos diferentes efectos del ruido; un efecto facilitador, cuando la tarea a realizar es sencilla o de corta duración y que se correspondería con los resultados hallados en nuestra primera parte del trabajo, en el cual hemos comprobado un mayor rendimiento de los sujetos de ambiente ruidoso en relación con el grupo control dependiendo de la larga duración del trabajo a realizar que se origina como consecuencia de un efecto acumulativo de tensión al realizar en dicho ambiente ruidoso una tarea compleja, que genera una excesiva demanda en la capacidad de actuación del sujeto, durante un periodo largo de tiempo.

El esfuerzo que se origina en el curso del proceso adaptativo supone un costo excesivo de energía psíquica que incide en una disminución de la capacidad de trabajo del sujeto produciendo un declive en su rendimiento y que en nuestro caso concreto se manifiesta en la tendencia por parte de los sujetos de ambiente ruidoso a trabajar más lentamente en la segunda parte de la tarea.

Como resumen se ha verificado que la cantidad de aciertos realizada por el grupo experimental en la 2ª parte del trabajo fue significativamente menor en relación a la realizada en la 1ª parte, mientras que los sujetos del grupo control mantuvieron el mismo número de aciertos en ambas partes del trabajo.

#### VIII. 2. 3. 2. 2. - Errores

La tendencia a aumentar el número de errores en esta segunda parte de la tarea ha sido común a ambos grupos siendo prácticamente igual el incremento sufrido, en el número de errores, tanto en el grupo experimental como en el grupo control (Fig. 43).

Los sujetos de ambiente ruidoso, en ambas partes de la tarea, han realizado una media de errores significativamente menor que el grupo control (ambiente de ruido normal) Tabla XVI. Las predicciones teóricas, referentes a un aumento en el número de errores en los sujetos con ambiente ruidoso, no fueron apoyadas por los resultados.

#### VIII. 2. 3. 2. 3. - Rendimiento efectivo

El rendimiento efectivo en esta segunda parte de la tarea, presenta la tendencia esperada por la hipótesis, menor rendimiento en el grupo de sujetos con ambiente ruidoso, aunque la diferencia existente entre ambos grupos, control y experimental, no hayan sido lo suficientemente consistentes y por consiguiente no hayan alcanzado el grado de significación necesario (Tabla XVII).

En la Fig. 41 podemos observar la variación en el rendimiento efectivo, de ambos grupos, durante la primera y segunda parte de la ta-

rea: El descenso sufrido por el grupo experimental, de una media de 16'5 puntos, en la primera parte, a una media de 9'8 puntos de rendimiento efectivo en la segunda parte, fue superior a la variación en el rendimiento efectivo entre la primera y segunda parte del grupo control, 14'6 puntuación media obtenida en la primera parte y 11'8 en la segunda parte de la tarea.

TABLA VII

Influencia de cada uno de los distintos factores analizados en la primera medida de Rasgo de Ansiedad A R1.

FACTORES	SC	GL	Me	F	P(F > f)
MEAN	498267.835	1	498267.835	6679.958	.000
R	3.714	1	3.714	.049	.824
E (R)	263.208	3	87.736	1.176	.319
S	2284.687	1	2284.687	30.629	.000
RS	22.375	1	22.375	.299	.584
ES (R)	276.355	3	92.785	1.243	.294
ERROR	24167.630	324	74.591		

TABLA VIII

Influencia de cada uno de los distintos factores analizados en la segunda medida de Rasgo de Ansiedad A.R2.

FACTORES	SC	GL	Me	F	P(F > f)
MEAN	473192.238	1	473192.238	6223.644	.000
R	109.795	1	109.795	1.444	.230
E(R)	59.018	3	19.672	.258	.855
S	1858.581	1	1858.581	24.444	.000
RS	.501	1	.501	.006	.935
ES(R)	127.686	3	42.562	.559	.642
ERROR	24634.163	324	76.031		

TABLA IX

Influencia de los distintos factores analizados en la primera medida del estado de ansiedad AMI.

FACTORES	SC	GL	Me	F	P(F f)
MEAN	445759.359	1	445759.359	4322.999	.000
R	111.326	1	111.326	1.079	.300
E(R)	175.228	3	58.409	.566	.637
S	101.777	1	101.777	.987	.321
RS	234.153	1	234.153	2.270	.133
ES(R)	68.793	3	22.931	.222	.881
ERROR	33408.754	324	103.113		



TABLA X

Influencia de los distintos factores analizados en la segunda medida del estado de ansiedad AM2

FACTORES	SC	GL	Me	F	P(F f)
MEAN	479369.570	1	479369.570	3861.997	.000
R	81.962	1	81.962	.660	.417
E(R)	896.275	3	298.758	2.406	.067
S	367.594	1	367.594	2.961	.086
RS	458.760	1	458.760	3.695	.055
ES(R)	664.975	3	221.658	1.785	.150
ERROR	40216.428	324	124.124		

TABLA XI

Resultado del análisis de varianza correspondiente a la tercera medida de estado de ansiedad AM3.

FACTORES	SC	GL	Me	F	P (F > f)
MEAN	539818.757	1	539818.757	3615.246	.000
R	36.453	1	36.453	.244	.622
E (R)	1111.569	3	370.523	2.461	.061
S	1109.389	1	1109.389	7.429	.007
RS	215.285	1	215.285	1.441	.231
ES (R)	606.931	3	202.310	1.354	.257
ERROR	46378.791	324	149.317		

TABLA XII

Resultado del análisis de varianza correspondiente al número de aciertos de la primera parte del trabajo AC1.

FACTORES	SC	GL	Me	F	P(F > f)
MEAN	123925.542	1	123925.542	2731.660	.000
R	346.942	1	346.942	7.691	.006
E(R)	682.160	3	227.386	5.012	.002
S	540.377	1	540.377	11.911	.001
RS	43.458	1	43.458	.957	.328
ES(R)	174.184	3	58.061	1.279	.281
ERROR	14698.703	324	45.366		

TABLA XIII

Resultado del análisis de varianza correspondiente al número de errores de la primera parte del trabajo ERI.

FACTORES	SC	GL	Me	F	P (F > f)
MEAN	11490.830	1	11490.830	663.125	.000
R	72.983	1	72.983	4.211	.041
E (R)	5.281	3	1.760	.101	.959
S	61.842	1	61.842	3.568	.060
RS	11.174	1	11.174	.644	.423
ES (R)	46.993	3	15.664	.903	.439
ERROR	5614.369	324	17.328		

TABLA XIV

Resultado del análisis de varianza correspondiente al rendimiento efectivo en la primera parte del trabajo RE1.

FACTORES	SC	GL	Me	F	P(F f)
MEAN	63570.166	1	63570.166	187.550	.000
R	228.542	1	228.542	.674	.412
E(R)	863.341	3	287.780	.849	.468
S	29.204	1	29.204	.086	.769
RS	116.841	1	116.841	.344	.558
ES (R)	375.655	3	125.218	.369	.775
ERROR	109819.787	324	338.949		

TABLA XV

Resultado del análisis de varianza correspondiente al número de aciertos de la segunda parte del trabajo AC2.

FACTORES	SC	GL	Me	F	P(F > f)
MEAN	87702.140	1	87702.140	1712.642	.000
R	651.805	1	651.805	12.728	.000
E(R)	798.941	3	266.313	5.200	.002
S	142.027	1	142.027	2.773	.097
RS	69.292	1	69.292	1.353	.246
ES(R)	160.237	3	53.412	1.043	.374
ERROR	16591.611	324	51.208		

TABLA XVI

Resultado del análisis de varianza correspondiente al número de errores de la segunda parte del trabajo ER2

FACTORES	SC	GL	Me	F	P(F > f)
MEAN	14478.140	1	14478.140	837.828	.000
R	91.131	1	91.131	5.273	.022
E(R)	134.493	3	44.831	2.594	.053
S	36.952	1	36.952	2.138	.145
RS	6.477	1	6.477	.374	.541
ES(R)	63.953	3	21.317	1.233	.297
ERROR	5598.900	324	17.280		

TABLA XVII

Resultado del análisis de varianza correspondiente al rendimiento efectivo en la segunda parte del trabajo RE2.

FACTORES	SC	GL	Me	F	P (F > f)
MEAN	30957.488	1	30957.488	394.377	.000
R	249.377	1	248.377	3.176	.076
E(R)	1257.512	3	419.170	5.339	.001
S	308.855	1	308.855	3.934	.048
RS	128.975	1	128.975	1.640	.201
ES(R)	146.027	3	49.342	.628	.597
ERROR	25433.081	324	78.497		



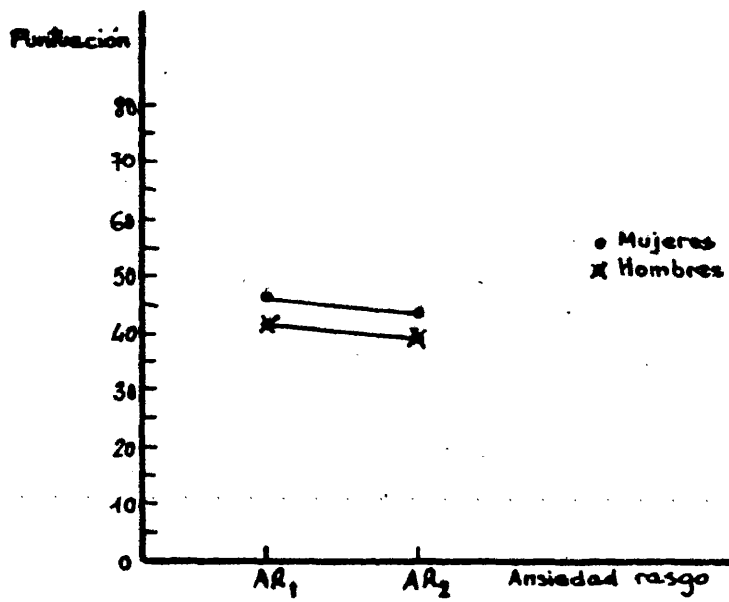


Fig. 37.- Puntuaciones Medias en Rasgo de ansiedad para hombres y mujeres.

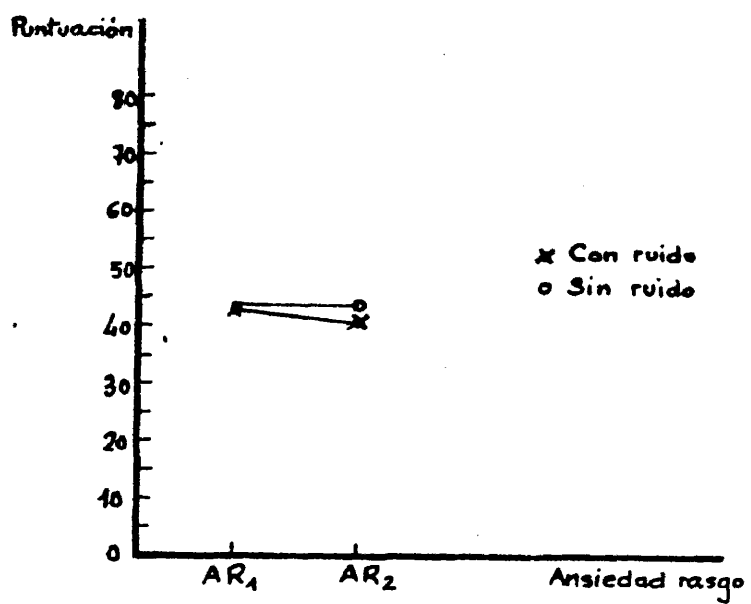


Fig. 38. - Puntuaciones Medias en Rasgo de ansiedad para los grupos con ruido y sin ruido.

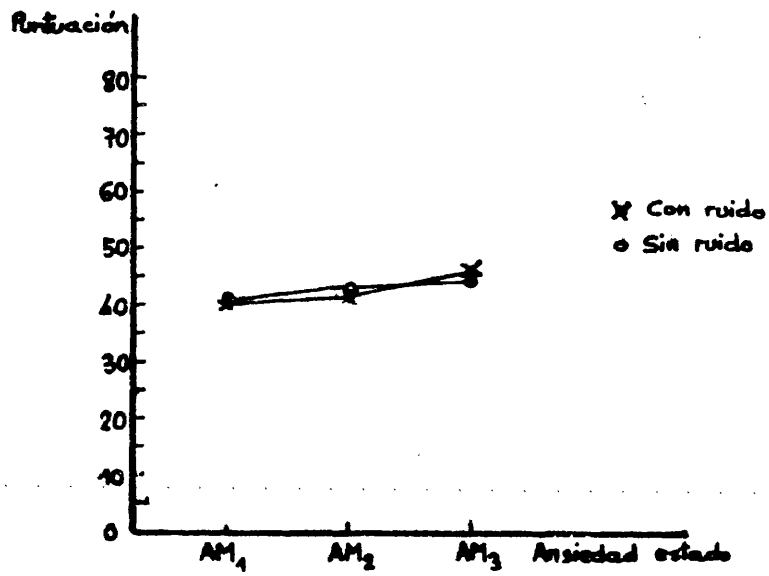


Fig. 39.- Puntuaciones Medias en las tres medidas del estado de ansiedad, de los grupos con ruido y sin ruido.

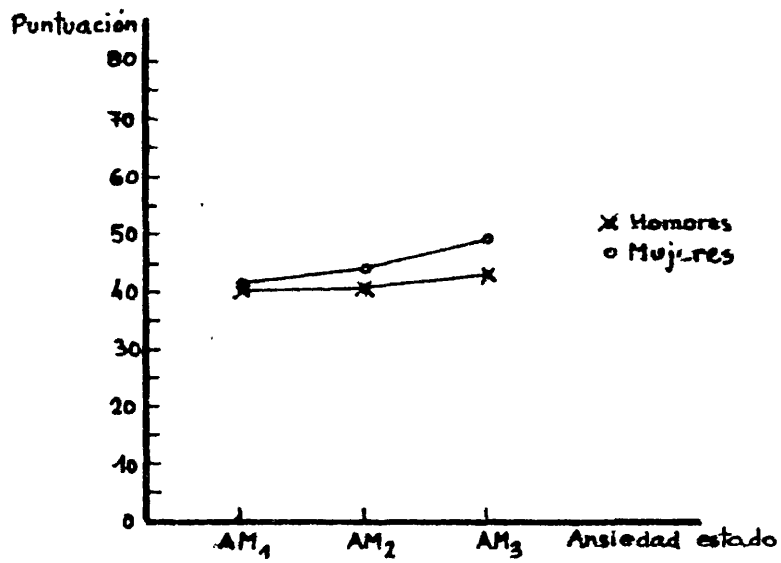


Fig. 40.- Puntuaciones Medias obtenidas en las tres medidas del estado de ansiedad, para grupos de hombres y mujeres.

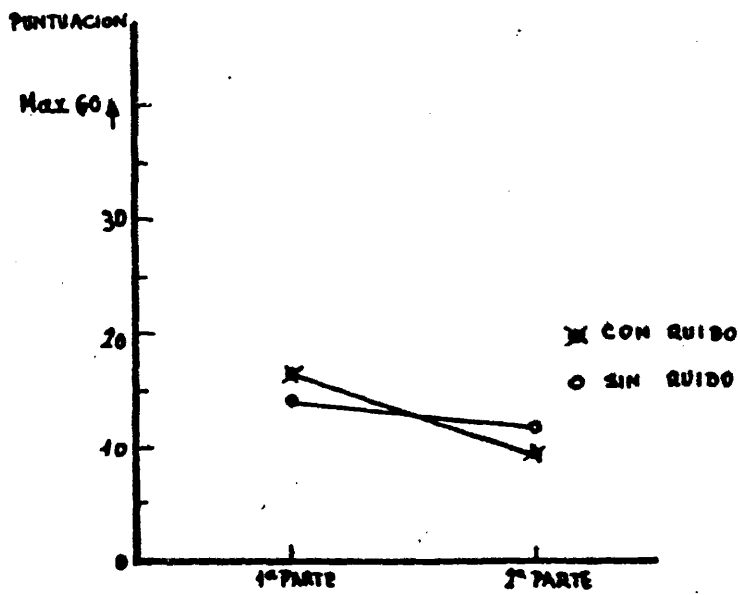


Fig. 41. - Puntuaciones Medias en rendimiento efectivo en la primera y segunda parte de la tarea, grupos con ruido y sin ruido.

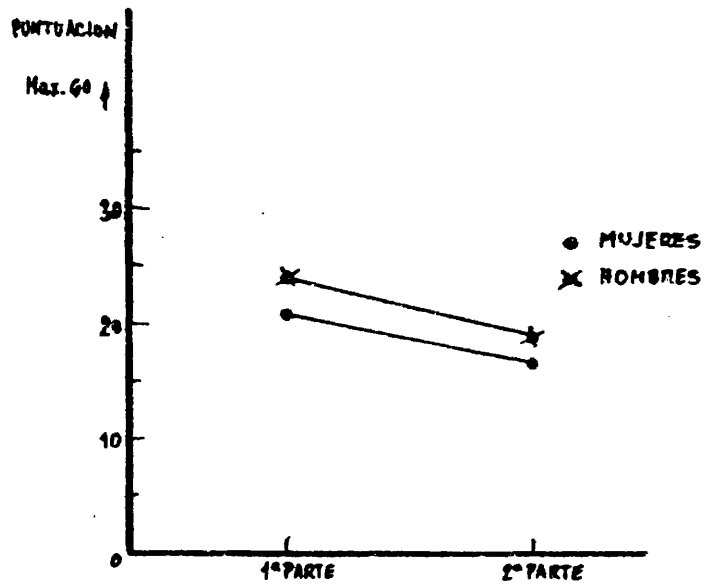


Fig. 42. - Puntuación Media de los aciertos realizados en la primera y segunda parte de la tarea por el grupo de hombres y mujeres.

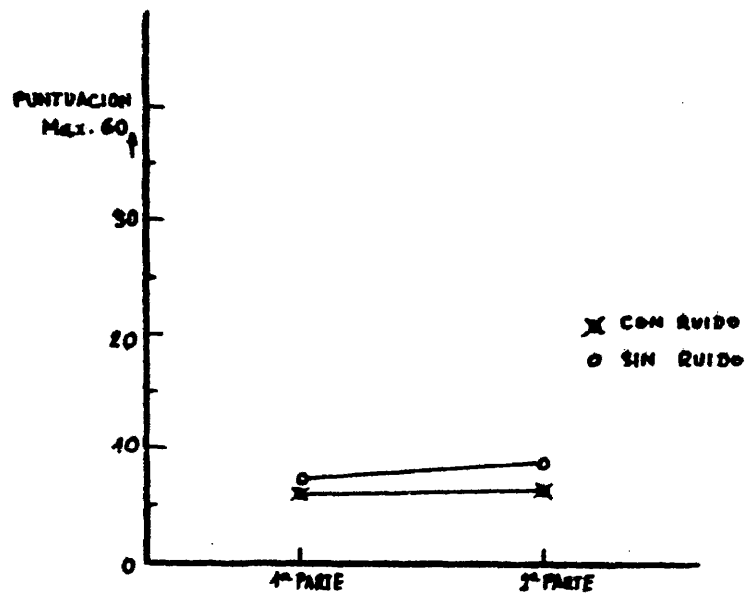


Fig. 43. - Puntuación Media de los errores realizados en la primera y segunda parte de la tarea por los grupos con ruido y sin ruido.

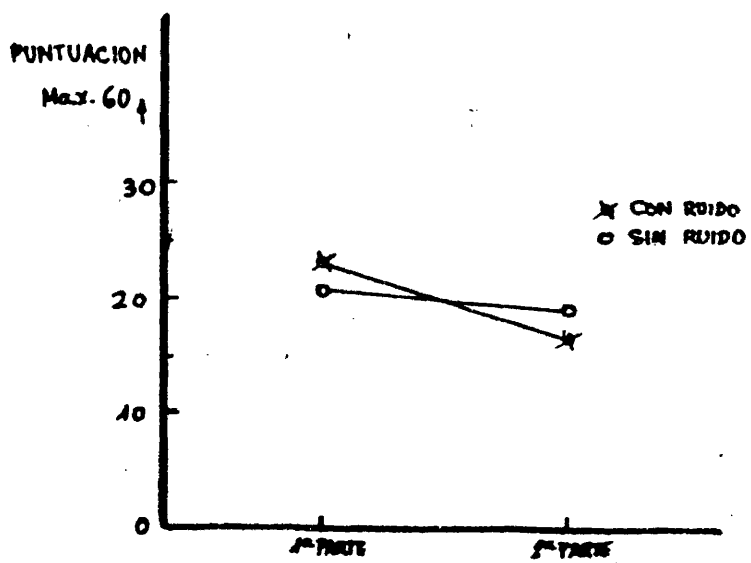


Fig. 44.- Puntuación Media de los aciertos realizados en la primera y segunda parte de la tarea, por los grupos con ruido y sin ruido.



## CONCLUSIONES

A través de nuestro estudio hemos intentado comprobar los posibles efectos que el nivel de ruido, en el que están inmersos los escolares próximos al aeropuerto de Barajas, pueda tener sobre el estado de audición así como comprobar la relación existente entre el ambiente ruidoso y el rendimiento en una tarea de tipo intelectual, determinando las posibles variaciones del nivel de ansiedad durante la realización de la prueba.

19. De los resultados de la medida del ruido realizada en cada una de las escuelas de la zona ruidosa se puede concluir:

- Que los niveles de ruido encontrados se estima se sitúan ampliamente por encima del nivel considerado adecuado para el desarrollo de las clases, teniendo en cuenta que el nivel sonoro no debe hallarse por encima de los 65 dB(A) en aquellos centros en los cuales la comunicación por medio de la palabra es de gran importancia, ya que dicho nivel debe ser el límite para que a la máxima distancia entre profesor y alumno pueda desarrollarse la comunicación. Con niveles de fondo por encima de los 65 dB(A) se reduce la inteligibilidad y como consecuencia, se deteriora el desarrollo del aprendizaje en los niños.

20. La comprobación del estado de audición arroja los siguientes resultados:

- La pérdida audiométrica media para todas las frecuencias es mayor en los escolares de la zona ruidosa.
- Las diferencias encontradas entre ambos grupos se acentúan en la zona de bajas (125-250 Hz) y altas frecuencias (3000 a 8000 Hz).
- En general, e independientemente del nivel de ruido, los chicos poseen un umbral de audición más alto (oyen peor) que las chicas.
- El umbral de inteligibilidad no se ha visto modificado por el ambiente ruidoso, ambos grupos, control y experimental gozan de una inteligibilidad de la palabra normal.

Desde el punto de vista médico, no se han encontrado diferencias esenciales entre ambos grupos. La pérdida auditiva media para el grupo ruidoso ha sido de 8 dB y serían necesarias pérdidas superiores a los 20 dB para considerar la existencia de una patología auditiva, con lo cual podemos concluir que los audlogramas correspondientes a los escolares de la zona ruidosa, entra en lo que se considera un umbral auditivo normal, no presentando dicho audlograma características de traumatismo sonoro.

En síntesis podemos afirmar que el nivel de ruido producido por los aviones en su etapa de aterrizaje, no ha tenido un efecto clínico significativo sobre el umbral auditivo de los sujetos estudiados de dicha zona ruidosa. Las variaciones encontradas entre ambos grupos, control y experimental, entran en lo que se considera zona de audición normal.

3º. De los resultados del estudio referente al efecto del ruido sobre el rendimiento y nivel de ansiedad se puede concluir:

- En nuestro estudio el Rasgo de Ansiedad no se ve influenciado por el nivel de ruido.
- El Estado de Ansiedad no fue afectado diferencialmente por el ruido. En ambos grupos, con y sin ruido, se observa una cierta tendencia a ir aumentando progresivamente su nivel de ansiedad a lo largo de la realización de la prueba; no obstante los resultados, aunque no son significativos, están en la dirección predicha en la hipótesis, la tendencia a aumentar el nivel de ansiedad es ligeramente superior en el grupo de ambiente ruidoso.

El efecto del ruido sobre el rendimiento llegó a ser significativo a medida que aumentó el tiempo de realización del trabajo.

Los resultados obtenidos durante la primera parte del trabajo indican que el grupo experimental, realizó una mayor cantidad de aciertos y menor número de errores que el grupo control que realizó este mismo trabajo en ambiente de ruido normal.

Este resultado está en principio en contradicción con lo que se pensaba obtener, ya que por ser el ambiente ruidoso un agente generador de stress en el hombre, se pensó que esto podría reflejarse en los resultados obtenidos en nuestro trabajo, en el sentido de un menor número de

aciertos o un mayor número de errores en el grupo que trabajase con ruido.

Los valores obtenidos podrían relacionarse con las conclusiones encontradas por algunos autores como Carpenter (1962), Hartley (1973), los cuales en algunas de sus experiencias pusieron de manifiesto que el ruido puede comportarse como un estimulante capaz de aumentar la eficacia y favorecer el rendimiento, cuando la tarea que está realizando el sujeto es de corta duración. Se ha comprobado que los resultados de las pruebas breves de rendimiento son dudosas, ya que los efectos del ruido sobre el rendimiento tienden a manifestarse una vez transcurrido un primer período que se cifra alrededor de los treinta minutos. En nuestro caso concreto el tiempo de duración de esta primera parte del trabajo fue de media hora.

En la segunda parte del trabajo, transcurrido el primer período de media hora, la cantidad de aciertos realizados por el grupo experimental fue significativamente menor que los realizados por el grupo control. El rendimiento efectivo, presentó la tendencia esperada por la hipótesis, que plantea un menor rendimiento en el grupo de sujetos con ambiente ruidoso, aunque la diferencia existente entre ambos grupos, control y experimental, no fue lo suficientemente consistente como para alcanzar el grado de significación necesario.

Este efecto adverso del ruido podría relacionarse con un efecto acumulativo de tensión producido como consecuencia de la realización de una tarea compleja durante un periodo largo de tiempo, lo que incidió en una disminución de la capacidad que les llevó a trabajar más lentamente.

## NORMAS CONSULTADAS

- ISO - 1999 - 1975. - Assesment of occupational noise exposure for hearing conservation purposes.
- ISO - 1996 - 1971. - Assesment of noise with respect to community response
- OSHA - 1969. - Occupational Safety and Health Act.
- ISO TECHNICAL REPORT - 3352 - 1974. - Assesment of noise with respect to is effect on the intelligibility of speech.
- ISO - 389 - 1975. - Standard reference zero for the calibration of pure tone audlometers.
- ANSI - S3.6 - 1969. - American national standard specifications for audlometers.
- ANSI - S 1.13 - 1971. - Method for the measurement of sound pressure levels.
- CEI - 178 - 1965. - Pure tone screening audlometers.
- CEI - 177 - 1965. - Pure tone audlometers for general diagnostic purposes.
- UNE-20-642-1980. - Oído artificial de banda ancha, para la calibración de los auriculares utilizados en audimetría.
- UNE-20-314-1975. - Sonómetros de precisión.
- UNE-74-010-1976. - Expresion de las magnitudes físicas y subjetivas de un sonido o de un ruido.
- UNE-74-020-1978. - Cero de referencia normalizado para la calibración de audiómetros.

## BIBLIOGRAFIA

\*\*\*\*\*

ANDO, Y. and NAKANE, Y.

"Effects of aircraft Noise on the Mental Work of pupils".  
Journal of Sound and Vibration, 43 (4) 683-691 (1975).

AZRIN, H. H.

"Some effects of Noise on human behavior".  
Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1, 183-200 (1958).

BERMUDEZ MORENO, J.

"Ansiedad y Rendimiento", Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid (1977).

BERNABI, L. L.

Rev. Audiol. Prat., 3, 2, 1. (1953)

BESS, F.H. and POWELL, R.L.

"Hearing hazard from model Airplanes".  
Cln. Pediatr. 11, 621-624 (1972)

BOGGS, D.H. and SIMON, J.R.

"Differential effect of noise on tasks of varying complexity".  
Journal of Applied Psychology, 52, 148-153 (1968)

BREDBERG, G.

"Cellular Pattern and Nerve Supply of the human organ of Corti"  
Acta Oto-Laringolog. Suppl. 236, pp 135 (1968).

BROADBENT, D. E.

"Noise paced performance and vigilance tasks"  
British Journal of Psychology, 44, 295-303 (1953).

BROADBENT, D. E.

"Some effects of noise on visual performance".

Quarterly Journal of Experimental Psychology, 6, 1-5 (1954)

BROADBENT, D. E.

"Effects of noise of high and low frequency on Behavior"

Ergonomics, vol. 1, 21-29 (1957).

BROADBENT, D. E.

"Effects of Noise on Behavior".

In Handbook of Noise Control, C.M. Harris, Ed. McGraw-Hill, New York, Chap. 10 (1957).

BROADBENT, D. E.

"Effect of noise on an intellectual task"

Journal of the Acoustical Society of America, 30, 824-827 (1958).

BROADBENT, D. E.

"Perception and Communication"

Pergamon Press, New York (1958)

BROADBENT, D. E. and GREGORY, M.

"Vigilance considered as statistical decision".

British Journal of Psychology, 54, 309-323 (1963).

BROADBENT, D. E.

"Possibilities and difficulties in the concept of arousal".

In Vigilance a Symposium, Ed. D.N. Buckner and J.J. McGrath, McGraw Hill, New York pp 184-198 (1963).

BROADBENT, D. E.

"Decision and Stress", Academic Press, London (1971)

BROADBENT, D. E.

"The current state of noise research: A Reply to Poulton".  
Psychological Bulletin, vol. 85 (5), 1052-1067 (1978).

BURNS, W.

"Noise and Man". - John Murray pp 336. London (1968)

CARPENTER, A.

"Effects of noise on performance and productivity"  
Great Britain, National Physical Laboratory. The Control of Noise.  
Proceedings of a Conference, Sone, Londres, H.M. Stationery Office  
(Symposium 12, 1961).

CLARIDGE, G. S.

"The excitation-inhibition balance in neurotics".  
H. J. Eysenck (Ed). Experiments in Personality 2. New York, Praeger (1960)

COHEN, A.

"Effect of Noise in Psychological state".  
Noise as a Public Health Hazard W. Ward and J. Fricke, Eds. (Asha Reports  
4, American Speech and Hearing Assn, Washington DC) pp 74-88 (1969).

CROOK, M. A. and LONGDON, F. J.

"The effects of aircraft noise in schools around London airport"  
Journal of Sound and Vibration, 34 (2), pp 221-232 (1974).

DAVIS, H., GALAMBOS, R., HAWKINS, J. and PARRACK, H. O.

"Final Report on Psychological Effects of Exposure to Certain Sounds".  
OSRD Report nº 889, National Defense Research Committee 976. (1971)

DAVIS, H. and SILVERMAN, S. R. (Eds.)

"Hearing and deafness". (3<sup>rd</sup> ed.) New York: Holt, Rinehart and Winston,  
1970.



DECROIX et colabs.

"L'Audiometrie du praticien"

Librairie Arnette, Paris (1972).

DELGADO, C.

"Ruido y Palabra". Test de Intelligibilidad CIF

Electrónica y Física Aplicada, nº 41, vol 11 pp 107-112 (1968)

DIXON, W. J.

Biomedical computer programs, University of California Press (1975)

DUFFY, E.

"Activation and Behavior".

Wiley, London (1962)

EDSELL, R. D.

"Anxiety as a function of environmental noise and social interaction".

Journal of Psychology, 92, 219-226 (1976)

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY U. S.

"Information on levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an adequate margin of safety"

EPA. Report nº 550/9-74-004 (1974).

FINKELMAN, J. M. and GLASS, D. C.

"Reappraisal of the relationship between noise and human performance by means of a subsidiary task measure".

Journal of Applied Psychology, 54, 3, 211-213 (1970).

FINKELMAN, J. M., ZEITLIN, L. R., ROMOFF, R. A., FRIEND, M. A.  
and BROWN, L. S.

"Conjoint effect of physical stress and noise stress on information processing performance and cardiac response".

Human Factors 21 (1), 1-6 (1979).

FRANKENHAEUSER, M. and JOHANSSON, G.

"Task demands as reflected in catecholamine excretion and heart rate".  
Journal of Human Stress, vol. 2, 1, 15-23 (1976)

GIERKE, H. E. von

"Impact characterization of noise including implications of identifying and achieving levels of cumulative Noise Exposure".  
Report of task of Group nº 3, EPA Report NTID 73.4 (1973)

GLASS, D. C. and SINGER, S. E.

"Behavioral aftereffects of unpredictable and uncontrollable aversive events"  
American Scientists, vol. 60, 457-465 (1972).

GLORIG, A.

Amer. J. Pub. Health, 51, 1338 (1961)

GOETZINGER, D. P.

"Small perceptible hearing loss: its effect in school age children"  
Volta Rev. 66, 124-132 (1964).

GRANATI y Colab.

Folia med (Napoli), 42, 1313 (1959).

GRIFFITHS, I. D. and LANGDON, F. J.

"Subjective response to road traffic noise"  
Journal of Sound and Vibration, 8, 16-32 (1968)

HARRIS, J. D.

"Relations among after effects of acoustic simulation"  
Journal of the Acoustical Society of America, 42, 1306-1324 (1967)

HARTLEY, L. R.

"Performance during continuous and intermittent noise and wearing Ear  
Protections"

Medical Research Council, Applied Psychology Unit, Cambridge, England (1973)

HARTLEY, L. R. and ADANS, R. G.

"Effects of noise on the Stroop Test".

Journal of Experimental Psychology, 102, 62-66 (1974).

HEBB, D. O.

"Drives and the conceptual nervous system"

Psychological Review, 62, 243-254 (1955)

HYMAN, D. E.

"An investigation of the effects of various noise levels on performance on  
three mental task".

Unpublished master's Thesis, Purdue University, Lafayette, Indiana (1950)

JAUHAINEN, T. KOHONEN and JAUHAINEN, M.

"Combined effect of noise and Neomycin on the Cochlea"

Acta Otolaryngol. 73, 387-390 (1972)

JERISON, H. J. and WING, S.

"Effects of noise on a complex vigilance task"

USAF WADC Tech. Rep. TR 57-14, AD 11070700 (1957)

JERISON, H. J.

"Performance on a simple vigilance task in noise and quiet"

Journal of the Acoustical Society of America, 29, 1163-1165 (1957)

KESSNER, D. M.

"Assesment of medicae care in children".

National Academy of Sciences, Washington, DC (1974).

KIRK, R. E. and HECHT, E.

"Maintenance of vigilance by programmed noise"  
Perceptual and Motor Skills, 16, 553-560 (1963)

KODMAN, F.

"Educational status of the hard-of-hearing children in the classroom"  
J. Speech and Hear. Res. 28, 297-299 (1963).

KRICHAGIN, V. J.

"Health effects of noise exposure"  
Journal of Sound and Vibration, 59 (1), 65-71 (1978)

KRYTER, K. D.

"Effect of noise on man"  
Journal of Speech and Hearing Disorders Monograph. Suppl. 1, 1-95  
(1950)

KRYTER, K. D.

"Psychological Reactions to Aircraft Noise"  
Science, vol. 151, 1346-1355 (1966).

KRYTER, K. D.

"The effects of noise on Man".  
Academic Press, New York, pp 633 (1970)

KURZ, R. B.

"Effects of three kinds of Stressors on human learning and performance".  
Psychological Reports, 14, 161-162 (1964)

LAIRD, D. A. and COYE, K.

"Psychological measurements of annoyance as related to pitch and loudness".  
Journal Acoust. Soc. Am. 1, 158-163 (1929)

LEHNHARDT

Citado por NORTHERN, D. L. en su libro: "Trastornos de la Audición".  
Ed. Salvat (1979).

MackKENNELL, A. C. and HUNT, E. A.

"Noise Annoyance in Central London (SS/332)"  
The Government Social Survey, London (1966).

MARTINEZ ANDRES, J.

"Ruido y Sordera"  
Ed. Paz Montalvo, (1969)

MALMO, R. B.

"Activation: A euro-Psychological dimension"  
Psychol. Rev. 66, 367-386 (1959).

MERRILL, P.

Q. Behav. Dev. - 17, 288-317

MILLAR, K.

"Noise and the rehearsal-masking hypothesis".  
British Journal of Psychology, 70, 565-577 (1979).

MILLER, J. D.

"Effect of noise on people"  
J. Acoust. Soc. Am. 56, nº 3, 729-764 (1974)

MILLS, J. H.

"Temporary changes of the Auditory System due to Exposure to Noise  
for one or two Days". - J. Acoust. Soc. Am. 48, 524-530 (1970).

MILLS, J. H.

"Noise and Children. A review of Literature".  
J. Acoust. Soc. Am. vol. 58 nº 4 October, 767-779 (1975)

NOSAL, C.

"Effect of noise on performance and activation level".

Polish. Psychol. Bull., 2, 1, 23-39 (1971)

POLLAK, I.

"On the effect of frequency and amplitude distortion on the intelligibility of speech in noise".

J. Acoust. Soc. Am. 24, 538-540 (1952)

PORTMANN, M. C.

"Precis d'Audiometrie Clinique"

Masson et cie. Paris (1972)

POULTON, E. C.

"Arousing stress increase vigilance"

R.R. Mackie Ed. Vigilance III, 3 New York, Plenum Press (1977)

POULTON, E. C.

Psychology of the scientist: XLI. Continuous noise - can degrade performance when using badly designed equipment: A case history. Perceptual and motor skills, 50, 319-330 (1980)

PRICE, G. R.

"Age as a Factor in Susceptibility to hearing loss: Young Versus Adult Ears".

J. Acoust. Soc. Am. 60, 886-892 (1976)

QUIGLEY, S. P.

"Some effects of hearing impairment upon school performance".

MS prepared for the Div. of Sp. Ed. Services office of the Supt. of Public Instruction, State of Illinois (1970)

REESE, F.W. and KRYTER, K.D.

"The relative annoyance produced for various Bands of Noise"

PB 27307. IC-65, Psycho-Acoustic Laboratory, Harvard University (1944)

REVELLE, M., HUMPHREYS, M.S., SIMON, L. and KIRBY GILLILAND

"The interactive effect of Personality time day and caffeine: A test of the arousal model"

Journal of Experimental Psychology:General 109, 1, 1-31 (1980)

ROBINSON, D.W.

"The relationship between Hearing loss and Noise exposure".

Aero Report Ac 32 National Physical Laboratory, England (1968)

ROCHE, A.F., SIERVOGEL, R.M. and HIMES, J.H.

"Longitudinal study of hearing in children: Baseline data concerning auditory thresholds, noise exposure and biological factors".

J. Acoust. Soc. Am., 64 (6), Dec. 1593-1601 (1978)

ROGACKA-TRAVITSKA

"The investigation of the performance of the perceptibility function of workers employed in difficult acoustic conditions".

Pol. Tyg. Lek., 25, 27, 1023-1025 (1970)

RYLANDER, R., SÖRENSEN, S. and KAJLANDS, A.

"Annoyance reactions from aircraft noise exposure"

Journal of Sound and Vibration, 24, 419-444 (1972)

SAKOMOTO, H.

Excerpta Medica Foundation, International Congress of Occupational Health, vol. 2 p 764 (1964)

SANDERS, A. F.

"The Influence of noise on two discrimination tasks"  
*Ergonomics*, 4, 253-258 (1961)

STROH, C. M.

"Vigilance: The problem of sustained attention".  
Oxford, Pergamon Press (1971)

SUAREZ NIETO, C.

"Estudio epidemiológico de las Otitis Secretoras".  
*Acta Otorrinolaringológica Española*, (1980)

SPIELBERGER, GORSUCH, R. L. and LUSHEME, R.

"Manual for the state-trait Anxiety Inventory (Self evaluation Questionnaire)"  
Consulting Psychologist Press, Palo Alto, California (1970).

SZMEJA, Z., SOWINSKI, H. and BIALEK, E.

"The status of hearing and the inner ear of animals exposed to the action  
of intense noise in foetal life".  
*Otolaryngol. Pol.* 29, 1, 11-16 (1975)

TEICHNER, W. H., AREES, E. AND REILLY, R.

*Ergonomics*, 6, 83 (1963)

THEOLOGUS, G. C., WHEATON, G. R. and FLEISHMAN, E. A.

"Effects of Intermittent moderate Intensity noise stress on human  
performance".  
*J. Appl. Psychol.* 59, 5, 539-547 (1974)

TRACOR STAFF

"Community Reaction to Airport Noise".  
NASA CR-1761 (National Aeronautics and Space, Admin. Washington DC  
vol. 1, pp 89 (1971).



TRIPTIPOE, W. J.

J. Acoust. Soc. Am. 30, 250 (1958)

VIROLAINE, E., PUHAKKA, H., AANTAA, E., TUOHIMAA, P.

RUUSKANE, O. and MEURMAN, O.

"The prevalence of secretory otitis media in 7-8 years old school children"

(En publicación) (1979)

WACHS, T. D., UZGIRIS, I. C. and HUNT, S. Mcv

"Cognitive Development in Infants of Different Age levels and from  
Different Environmental"

Backgrounds (1971)

WARD, W. D.

"The identification and treatment of noise-induced hearing loss".

Otolaryngol. Clin. North Am. 90:89, (1969).

WARD, W. D. and GLORIG, A.

"A case of firecracker induced hearing loss"

Laryngoscope 71. 1590-1596 (1961)

WATSON, T. J.

"Long term follow up of chronic exudative-otitis Media"

Proc. Roy. Soc. Med. 62, 455 (1969)

WILBANKS, W. A., WEBB, W. B. and TOLHURST, G. C.

"A study of intellectual activity in a noise environment".

United States Naval School of Aviation Medicine Research, Project

NM 001 104 100, Report 1, October 31 (1956)

WILKINSON, R. T.

"Interaction of noise with Knowledge of results and sleep deprivation".

Journal of Experimental Psychology 66, 332-337 (1963)

WINER, B. J.

"Statistical principles In experimental Design".

McGraw-Hill Book Co. London (1962)

WOODHEAD, M. M.

"The effects of bursts of noise on an arithmetic task".

American Journal of Psychology. 77, 627-633 (1964)

ZBIGNIEW KOSZARNY

"Effects of aircraft noise on the mental functions of schoolchildren"

Archives of Acoustics. 3, 2, 85-105 (1978)

202

APENDICE

PRUEBA DE RAZONAMIENTO NUMERICO

202.

APELLIDOS \_\_\_\_\_ NOMBRE \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

CURSO \_\_\_\_\_ ESCUELA \_\_\_\_\_

- 1) Una fábrica, fabrica 800 coches por día. ¿Cuántos fabricará en 30 días?
- 2) Pablo tiene actualmente 115 ptas. y Pedro le debe 30. ¿Cuánto dinero tendrá Pablo cuando Pedro le haya pagado?
- 3) Tengo un terreno rectangular de 32 metros de longitud por 30 de ancho. ¿Cuál es su superficie?
- 4) He comprado tres cuchillos. El primero me costó 30 ptas., el segundo 15 ptas. y el tercero 45 ptas. ¿Cuánto he pagado en total?
- 5) El depósito de gasolina de mi coche está vacío. Su cabida es de 40 litros. Si lo lleno con bidones de cinco litros. ¿Cuántos bidones he de utilizar?
- 6) Pedro me debe 120 ptas. y Pablo 235. Actualmente tengo 1.200 ptas. ¿Cuánto tendré cuando Pedro y Pablo me hayan pagado sus deudas?

$$66 \downarrow 75 \downarrow 44 \downarrow 16 =$$

$$7) \quad 26 \downarrow 86 \downarrow 68 \downarrow 79 =$$

$$47 \downarrow 60 \downarrow 24 - 13 - 88 - 10 =$$

$$8) \quad 63 \downarrow 28 \downarrow 31 \downarrow 83 - 102 - 32 =$$

$$89 \downarrow 32 - 21 \downarrow 88 \downarrow 17 - 90 =$$

$$9) \quad 36 \downarrow 14 \downarrow 91 - 13 - 2 \downarrow 18 =$$

$$523 \downarrow 742 \downarrow 687 \downarrow 684 =$$

$$10) \quad 763 \times 7 =$$

$$11) \quad \begin{aligned} 9.489 \times 6 &= \\ 43.638 \times 8 &= \end{aligned}$$

$$12) \quad \frac{150}{x} = \frac{65}{20.500} \quad x =$$

$$\frac{5}{9} = \frac{55}{x} \quad x =$$

Raíz cúbica:

$$13) \quad \begin{aligned} &\sqrt[3]{\frac{625}{5}} \\ &\sqrt[3]{1000} \end{aligned}$$

$$14) \quad \begin{aligned} (-7) + (-8) &= \\ (-15) + (-13) + (+18) &= \end{aligned}$$

$$15) \quad \begin{aligned} &\sqrt{36000} \\ &\sqrt{13824} \end{aligned}$$

16) La mitad de un melón se ha repartido en partes iguales entre 4 muchachos ¿Qué porción de melón completo correspondió a cada uno?

$$17) \quad \frac{5}{9} = \frac{55}{x} \quad x =$$

$$\frac{3}{51} = \frac{18}{x} \quad x =$$

$$18) \quad \begin{aligned} &\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \\ &\frac{2}{5} \text{ de } 20 = \end{aligned}$$

$$\frac{1728}{48} = \frac{x}{44} \quad x =$$

19)

$$\frac{2}{5} + \frac{7}{5} + \frac{9}{16} =$$

- 20) Tengo 3.900 pesetas. Debo 150 a Pedro y 650 a Juan ¿Cuanto me quedará cuando haya pagado mis deudas?
- 21) Compro dos pañuelos a 55 pesetas cada uno, y otros dos a 36 ptas. pieza. ¿Cuanto he de pagar?
- 22) ¿Cuanto costarán 5 cajas de clavos si cada caja contiene docena y media de clavos y cada docena cuesta 70 céntimos?
- 23) Un vaso cuesta 18,75 ptas. ¿Cuántos pueden comprarse con 150 ptas. ?
- 24) Un comerciante compra una docena de bolígrafos por 72 ptas. y vende cada uno de ellos un 50% más caro del precio de coste. ¿A qué precio vende cada bolígrafo?
- 25) Si la letra J representa la edad de Juan; la P la de su padre. ¿Cual de las fórmulas expresa que Juan tiene 26 años menos que su padre?
- $$J = P - 26 \quad J - 26 = P$$
- 26) 21 - 24 - 32 - 36 - 44 - 49 - 57  
¿Cual es el número que sigue ?
- 27) 97 - 25 - 43 - 61 - 8  
¿Cual es el número que sigue?
- 28) Compro un bolígrafo que me cuesta 19 ptas. Vendo un libro por 15 ptas. Tenfa 30 ptas. ¿Cuanto me queda ?

- 29) Mi apartamento consta de: una habitación de cuatro metros por cuatro, y una cocina de dos metros por cuatro. ¿Cual es la superficie de mi apartamento?
- 30) Cambio un bolígrafo que cuesta 33 ptas. por lapiceros que cuestan a 1,50 ptas. cada uno. ¿Cuántos lapiceros me darán?
- 31) Juan bebe dos litros y medio de vino por día. ¿Cuanto ha bebido al cabo de 60 días?
- 32) Jaime tiene 20 años menos que su padre y 55 años menos que su abuelo. ¿Cual es la diferencia de edad entre el abuelo y el padre?
- 33) Si compro 15 cajas de cerillas, a tres pesetas cada una. ¿Cuanto debo pagar?
- 34)  $84 \downarrow 73 \downarrow 68 \downarrow 35 =$   
 $18 \downarrow 27 \downarrow 76 \downarrow 89 =$
- 35)  $81 \downarrow 18 - 18 \downarrow 81 \downarrow 10 - 81 =$   
 $47 \downarrow 14 \downarrow 17 - 14 \downarrow 10 - 17 =$
- 36)  $88 - 14 \downarrow 60 \downarrow 10 - 2 \downarrow 17 =$   
 $24 - 3 - 7 \downarrow 17 \downarrow 89 - 30 =$
- 37)  $984 \times 6 =$   
 $4.128 \times 7 =$
- 38)  $\frac{11}{4} = \frac{77}{x} \quad x =$   
 $\frac{400}{x} = \frac{1.090}{136.000} \quad x =$



39) Raíz cúbica:

$$\sqrt[3]{32}$$

$$\sqrt[3]{216}$$

40)  $(-4) \times (-5) \div (-4) \times (+3) =$   
 $(8 - 4)^2 \div (9 - 7)^2 =$

41) 
$$\frac{458 \div 2370 \div 9086}{1000} =$$

$$\frac{355 \div 6420 \div 7355}{125} =$$

42) Debo 43 ptas. al zapatero y 570 pesetas al sastre. Actualmente tengo 1.000 pesetas ¿Cuanto me quedará cuando haya pagado mis deudas?

43) Lleno un depósito, cuya cabida es de 126 litros, con un bidón de 7 litros. ¿Cuántos bidones he de vaciar en el depósito para llenarlo?.

44) Una fábrica consta de tres talleres; en el primer taller hay 300 obreros; en el segundo 250 y en el tercero 400. ¿Cuántos obreros hay en la fábrica?.

45) ¿Qué número escribiría en lugar de 349.638 si tuviera que redondearlo a la centena más próxima?

46) 40 - 35 - 30 - 24 - 18 - 13  
 ¿Cual es el número que sigue?

209

47)  $40 - 42 - 47 - 44 - 46 - 51 - 48$

¿Cual es el número que sigue?

48) Enrique ahorra cada semana 2 pesetas de su propio dinero y tres que le da su padre. Cuando tiene 25 pesetas en total ¿Cuanto ahorró de su propio dinero?

49) ¿Qué cantidad habrá que pagar en concepto de impuestos por 3.500 gramos de mercancía si por cada 100 gramos se pagan 5 pesetas?

50)  $\frac{2}{5} : \frac{2}{7} =$

$\frac{2}{9} - \frac{6}{5} =$

51)  $x = \frac{4}{9}$  de 648

$\frac{x}{8} = \frac{3}{24}$        $x =$

52)  $\frac{7}{3} - \frac{11}{16} =$

$215 \times 30 =$

Resuelve las siguientes ecuaciones:

53)  $3x - y = 7$        $x =$   
 $- 2x - y = 8$        $y =$

54)  $3x + 2y = 16$        $x =$   
 $2x + 5y = 24$        $y =$

55)  $10x + y = 50$        $x =$   
       $=$        $y =$



BIBLIOTECA