

24. 9



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESPAÑOL, INTELIGIBILIDAD
Y UNA APLICACIÓN A LA ACÚSTICA DE RECINTOS.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

F I S I C O

P R E S E N T A:

ROSALBA CASTAÑEDA GUZMAN

MEXICO, D. F.

1987.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE.

	páginas
Introducción.	1
I. Estadística del español en México.	3
I.1 Almacenamiento de las muestras	4
I.2 Pruebas preliminares.	7
I.3 Recopilación de las muestras finales para el español escrito y el español hablado.	12
I.4 Análisis de palabras.	12
4.1 Programas.	13
4.2 Análisis para palabras de 4 y 5 letras.	23
I.5 Resultados para el español escrito y el español hablado.	23
II. Inteligibilidad.	35
II.1 Inteligibilidad en recintos.	35
II.2 Métodos para medir la inteligibilidad.	38
2.1 Método de Inteligibilidad.	38
2.2 Método del Índice de Articulación	42
a) Nivel de presión sonora pico o nivel de cresta.	42
b) Ganancia Ortofónica.	43
c) Nivel Espectral de Ruido Ambiente.	44
d) Nivel espectral de reverberación de voz.	45
i) Tiempo de reverberación	45
ii) Factor de Directividad Diferencial.	47

e) Evaluación.	-----	49
II.3 Ejemplo de Aplicación de las Técnicas de inteligibilidad y del Índice de Articulación.	-----	50
3.1 Parámetros para las pruebas de inteligibilidad.	-----	51
3.2 Parámetros para el índice de articulación.	-----	51
a) Dimensiones del recinto.	-----	51
b) Niveles de presión P1 y P2, para calcular la Ganancia Ortofónica.	-----	51
c) Tiempo de reverberación.	-----	52
d) Nivel de ruido de fondo en los recintos	-----	54
e) Factor direccional.	-----	54
3.3 Técnicas de Análisis y Resultados.	-----	57
3.3.1 Programas de análisis de datos.	-----	58
3.3.2 Resultados de las pruebas y mediciones.	-----	63
III. Conclusiones.	-----	67
IV. Apéndices.		
Apéndice 1	-----	69
Apéndice 2	-----	70
Apéndice 3	-----	71
Apéndice 4	-----	73
Apéndice 5	-----	74
V. Referencias.	-----	78

INTRODUCCION

La comunicación a través del habla constituye una de las actividades esenciales del ser humano. Esta comunicación en muchos casos es disminuida por alteraciones nocivas que degradan el mensaje objeto y que pueden ocurrir en tres momentos principales. La primera debida a que el mensaje se emite ya degradado, la segunda, que aunque el mensaje haya sido generado "correctamente", en su camino al receptor mediante líneas telefónicas, salones de clase, etc. lo dañan señales extrañas que se agrupan bajo el nombre genérico de "ruido". Ruido en este contexto es cualquier factor que degrade la transmisión del mensaje. Por último, el mensaje también puede deteriorarse en algún punto de su recepción y en consecuencia ser mal interpretado.

El objetivo fundamental de esta tesis es el análisis estadístico del lenguaje español en México, tanto en forma escrita como hablada, en cuanto a la frecuencia de aparición de sus letras y sus permutaciones, así como la evaluación del medio con respecto a su influencia en la transmisión de la voz de un orador a un escucha, en recintos donde la comunicación con el habla es importante. Esta evaluación se realiza tradicionalmente mediante dos métodos, el de inteligibilidad y el de índice de articulación.

En el método de inteligibilidad se utiliza un texto que refleja la estadística de aparición de las combinaciones de fonemas del idioma. Un orador pronuncia el texto a un conjunto de oyentes en el recinto que se evalúa. El porcentaje de palabras identificadas correctamente corresponde a la inteligibilidad del recinto. En este método lo importante es identificar el significado de las palabras, frases u oraciones en el texto, o en forma más general el reconocimiento de combinaciones de fonemas.

El método de Índice de Articulación (IA) es un método instrumental que únicamente emplea mediciones de parámetros físicos como el tiempo de reverberación, la relación señal-a-ruido del recinto en bandas de frecuencias preestablecidas, la directividad, la absorción y las dimensiones del recinto, etc.

De estos métodos, el Índice de Articulación (IA) es el más usual porque permite conocer los parámetros involucrados en el proceso de inteligibilidad. En este trabajo se pretende utilizar como un estimador de la confiabilidad del método de inteligibilidad, dando por descontado que ambos métodos deben conducir al mismo resultado, en cuanto a la evaluación del recinto.

Para aplicar ambos métodos se requieren listas de fonemas o palabras u oraciones que los contengan y que leídas por un orador sirvan como fuente emisora. Dado que no se localizó información sobre el español en México que permita determinar los fonemas y palabras más frecuentes, se realizó el estudio estadístico de la frecuencia de su aparición para elaborar las listas

correspondientes. Se recopilaron alrededor de 85,000 palabras para la muestra del español escrito y otro tanto para el español hablado, teniendo en consideración el tipo de material (libros, revistas, periódicos, grabaciones, etc.) y forma de obtención, se hizo necesario realizar algunas pruebas preliminares para determinar la mejor manera de realizarlo. Los resultados se muestran al final del capítulo I.

En el capítulo II, se aborda la inteligibilidad de voz en recintos, analizándose los parámetros en cada uno de los métodos ya mencionados, haciendo hincapié en sus limitaciones, algunas de las cuales llevan a plantear estudios posteriores. Se presenta un ejemplo de aplicación como mera aproximación ilustrativa, ya que los parámetros empleados no son los óptimos, se discute el método de medición, la instrumentación empleada y las técnicas de análisis.

En las conclusiones se mencionan las posibilidades de aplicación de este trabajo en otras áreas, por ejemplo en las logaudiometrías clínicas, en la evaluación de micrófonos y de líneas telefónicas, etc.

I. ESTADÍSTICA DEL ESPAÑOL EN MÉXICO.

Existe una diferencia natural entre el material impreso y el material hablado en un idioma; el material impreso es permanente, hace uso de gran variedad de sinónimos y de un vocabulario más o menos amplio de acuerdo a la habilidad y creatividad del escritor. Por el contrario en una conversación la preocupación básica se refiere al contenido de la conversación y no tanto a la forma de expresión ya que al tratar de comunicar una idea, con el habla, se pueden dejar frases inconclusas y aún así expresar la idea completa ayudándose de señas, gestos y entonaciones. El lenguaje hablado es más conciso que el lenguaje escrito.

Si existen estas diferencias, surge una pregunta: ¿qué se espera obtener al hacer un estudio comparativo desde el punto de vista estadístico entre el lenguaje escrito y el lenguaje hablado en el idioma español? En cualquier estudio sobre el español en México debe comenzarse por abandonar, temporalmente, las afirmaciones muy generales. Diferencias de clima, diferencias de población, contactos con diversas lenguas indígenas, diversos grados de cultura, mayor o menor aislamiento, han producido o fomentado diferenciaciones en la fonética y en la morfología, en el vocabulario y en la sintaxis del idioma. Además hay que considerar que existen gran número de palabras de uso común tomadas del inglés y los medios de comunicación masivos nos inundan con nombres de productos, también en inglés. Con todo lo anterior ¿se puede hacer un análisis válido de este idioma? Si se escoge una muestra del idioma español ¿de qué tamaño debe ser?, ¿cuál es el método de obtención de las muestras, es igual para el lenguaje escrito que para el hablado? Una vez obtenidas las muestras ¿cómo se analizan?, ¿de qué recursos se dispone para el análisis?

Sin duda son muchas preguntas a las cuales hay que dar respuesta. Se puede empezar, revisando cual es el objetivo principal y centrarse en él, para obtener la mejor solución de dichas preguntas en función de este objetivo.

Desde el punto de vista estadístico, un idioma se puede caracterizar por la frecuencia de aparición de sus letras, la frecuencia de aparición de las combinaciones de 2, 3, 4, ..., N letras, la frecuencia de aparición de las palabras, etc. Uno de los objetivos parciales de este trabajo fué encontrar la frecuencia de aparición de letras y de combinaciones tales como vocal-consonante, consonante-vocal, consonante-vocal-consonante y vocal-consonante-vocal.

A raíz de la publicación de los trabajos de Shannon¹ el estudio de los idiomas se ha enfocado desde el punto de vista de teoría de información, tratando fundamentalmente de determinar la entropía y la redundancia de un idioma. Estos conceptos son claramente explicados en la publicación de Bustos² y como no es nuestro objetivo encontrar estas cantidades, no se profundizará en el tema.

El interés en estudiar la frecuencia de aparición de las letras o combinaciones de éstas, obedece a que se quiere conocer cuales son las más frecuentes y con ellos preparar un procedimiento para establecer el grado de inteligibilidad en recintos, tales como, salones de clase, salas de conferencias, auditorios, etc.

Para tratar de superar el problema causado por las diferenciaciones en la fonética y morfología en el vocabulario y en la sintaxis del idioma, se necesita que las muestras sean muy extensas para que contengan el espectro más amplio posible de palabras y sonidos.

Por los resultados de Bustos² y French et al³ se supuso que una muestra de 85000 palabras es representativa de un idioma, por lo que se recopiló esta cantidad para el español escrito y otro tanto para el español hablado.

La muestra del lenguaje escrito se obtuvo de revistas, libros, periódicos (de diferentes editoriales) y tiras cómicas. Como este material es muy extenso fue conveniente restringirse a publicaciones actuales y hasta donde fue posible de la capital del país.

Para la muestra de lenguaje hablado se contó con la colaboración de Radio Educación y todo su equipo. Se grabaron en cintas los programas previamente elegidos, referentes a entrevistas, discusiones y debates sin guiones preestablecidos. Se obtuvieron además grabaciones de programas de televisión con el mismo criterio.

Se omitieron las palabras en inglés u otro idioma (salvo los nombres), exclamaciones, números, abreviaturas y siglas.

El análisis de datos (caracteres o letras) se hizo con una computadora 9845B-HP con 186 k-bytes de memoria central y con interface para disco flexible de 8 pulgadas 9895A-HP.

I.1 ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS.

Las palabras de las grabaciones, revistas, periódicos, etc., fueron transcritas y luego por medio de un programa, se guardó este material en los discos flexibles, caracter por caracter (considerando el espacio entre palabras como otro caracter) en archivos de 32 k-bytes. Se crearon 13 archivos diferentes, para cada muestra, es decir aproximadamente 400,000 caracteres por muestra.

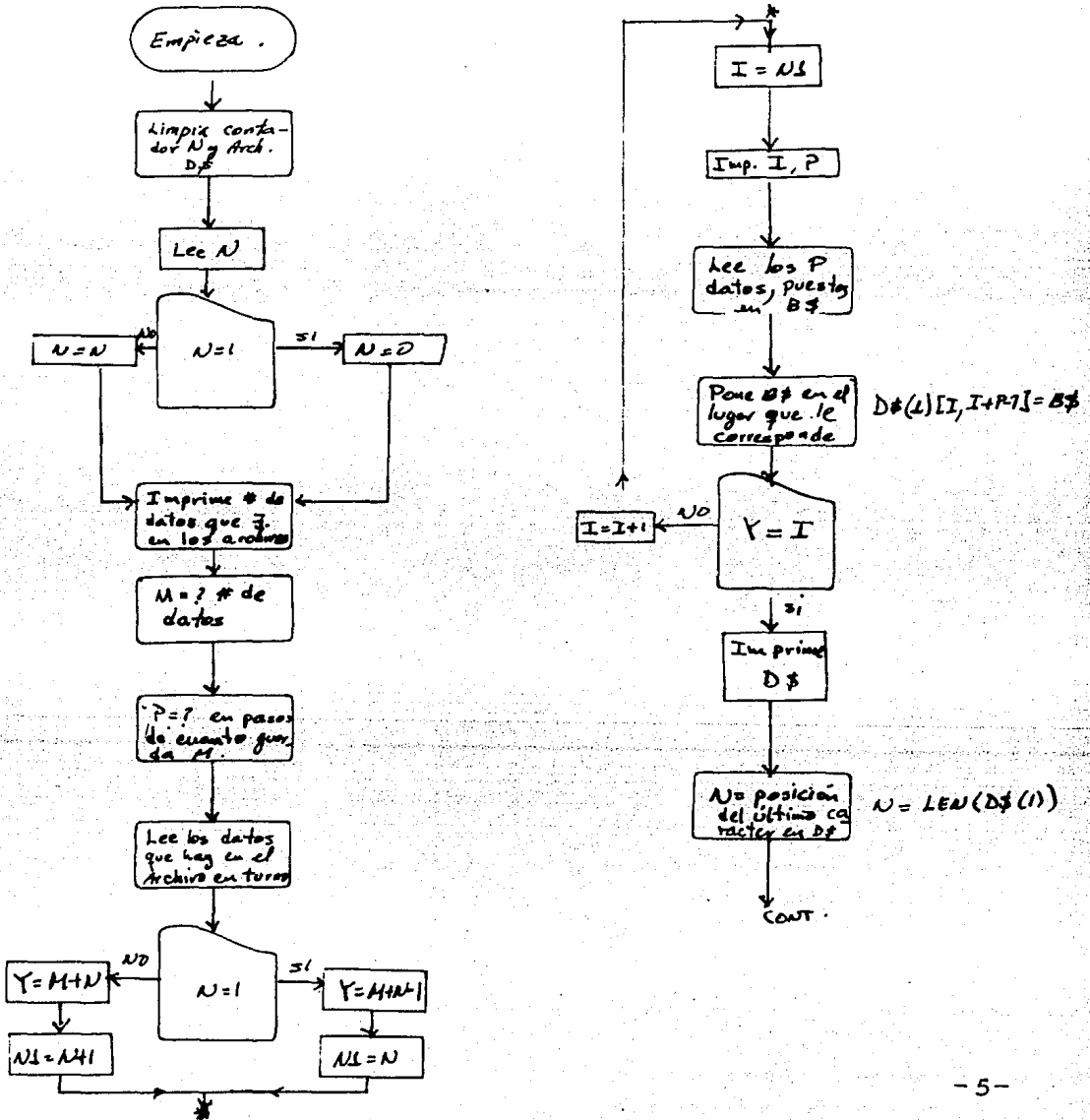
El programa para archivar caracteres, es el mismo en todos los casos, salvo por el nombre y tamaño del archivo que se desee llenar. El problema fundamental de este programa era el de lograr que admitiera un número determinado de caracteres cada vez (indicado por la persona que hace el trabajo), pues era imposible meter todos los caracteres en un sólo paso. Para evitar confusiones los archivos de datos se enumeraron de la siguiente manera.

GAMT * con * = 1,2,...,13 para el lenguaje hablado.
BETT * * = 1,2,...,13 para el lenguaje escrito.

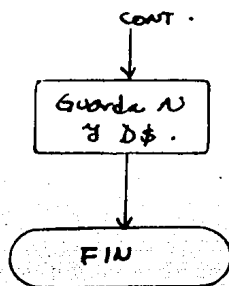
donde cada archivo consta de 31,800 caracteres.

El diagrama de flujo (1) expresa lo fundamental del programa y el programa se muestra completo en el apéndice 1.

DIAGRAMA DE FLUJO 1. Almacenamiento de palabras.



Continuación diagrama de flujo 1.



I.2 PRUEBAS PRELIMINARES.

Para definir el método de la obtención de las muestras y fundamentar el tamaño de éstas, en la literatura han aparecido cuando menos dos métodos pero uno es para el idioma hablado y el otro para el escrito. De aquí surge la necesidad de realizar algunas pruebas preliminares, recopilando muestras relativamente pequeñas, obtenidas por los dos métodos, tanto para el español escrito como para el hablado y compararlos; lo ideal sería que ambos métodos sirvieran para el español escrito y hablado.

French et al.³ hacen el análisis del idioma inglés con miras a establecer una mejora en la comunicación telefónica en Nueva York, analizaron 1950 conversaciones telefónicas, con la metodología siguiente:

Durante una semana un observador anotaba sólo verbos, a la semana siguiente anotaba sólo nombres y así hasta agotar el total de 500 conversaciones para nombres, 500 conversaciones para verbos, 500 conversaciones para adjetivos y adverbios, 150 conversaciones para preposiciones y conjunciones, 150 para pronombres y 150 para artículos. Fueron omitidos por varias razones (que no se explican, así tampoco el por qué de la división anterior), letras, exclamaciones, títulos, números y otros. Se obtuvo una muestra de 79390 palabras. A este método se le llamará estructurado porque, al parecer, pretende cubrir la estructura sintáctica del idioma (inglés). Se le llamará aleatorio al método descrito por Bustos² para el lenguaje escrito que consiste en lo siguiente: El utiliza textos de diferentes libros, periódicos y revistas, tomando porciones y palabras al azar, por ejemplo una palabra de cada cinco o una de cada diez, o bien una de cada renglón, la primera o la última por ejemplo. De esta manera recopiló 100,000 palabras.

Para comparar los dos métodos anteriormente descritos se recopilaron 4 muestras de 1000 palabras cada una; dos para el español hablado obtenidas de ambas maneras, aleatorio y estructurado y dos para el español escrito, también de las dos formas.

Para la muestra preliminar del español hablado se grabaron sólo programas de televisión, una vez transcrito, se le aplicaron ambos métodos, obteniendo así, dos muestras.

Para el español escrito, se obtuvo la muestra de revistas, periódicos y libros. Se obtuvieron dos muestras correspondientes a los dos métodos.

Las cuatro muestras fueron analizadas con las técnicas de computación descritas en la sección I.4. Los resultados de la frecuencia de aparición de cada letra en las 4 muestras se pueden ver en la Tabla I, donde:

E1	corresponde al lenguaje escrito aleatorio
E2	corresponde al lenguaje escrito estructurado
H1	corresponde al lenguaje hablado aleatorio
H2	corresponde al lenguaje hablado estructurado

Tabla I. Frecuencia de aparición de las letras obtenidas por los métodos aleatorio(1) y estructurado (2) para el lenguaje escrito (E) y hablado (H).

	E ₁	%	H ₁	%	E ₂	%	H ₂	%
A	537	9.77	503	9.15	537	9.78	531	9.66
B	59	1.073	62	1.13	67	1.22	61	1.11
C	219	3.98	186	3.38	200	3.64	184	3.35
D	228	4.15	194	3.53	251	4.57	241	4.38
E	612	11.13	672	12.22	650	12.06	662	12.06
F	39	0.71	31	.56	41	.75	23	.42
G	51	0.93	52	.95	41	.75	42	.76
H	29	0.53	44	.80	33	.60	50	.91
I	367	6.67	272	4.95	291	5.30	308	5.60
J	20	0.36	8		19	.35	11	.20
K	1	—	ø	—	ø	—	1	—
L	261	4.75	202	3.67	312	5.68	276	5.02
M	134	2.44	130	2.36	97	1.77	146	2.65
N	304	5.53	344	6.26	326	5.94	281	5.11
Ñ	6	—	5	—	6	—	5	—
O	415	7.55	427	7.77	420	7.65	415	7.55
P	135	2.45	135	2.45	126	2.29	135	2.45
Q	44	0.80	54	.98	23	.42	53	.96
R	319	5.80	260	4.73	310	5.65	277	5.04
S	346	6.29	386	7.02	338	6.16	309	5.62
T	215	3.91	248	4.51	179	3.26	219	3.98
U	173	3.15	207	3.76	173	3.15	191	3.47
V	27	0.49	45	.82	42	.76	41	.75
W	ø	—	ø	—	ø	—	ø	—
X	15	.27	8	—	16	.29	11	.20
Y	40	.75	54	.98	25	.45	4ø	.73
Z	12	.22	10	.18	21	.38	1ø	.18
(-)	891	16.20	960	17.46	945	17.22	975	17.73

Se puede ver fácilmente que después del espacio, en las 4 muestras la letra "E" es la más frecuente; precedida por la letra "A". Estos resultados coinciden razonablemente con los obtenidos por Bustos².

Para las permutaciones de 2 ó 3 letras, diadas y triadas respectivamente, se encontraron resultados también satisfactorios; aplicando ambos métodos las diferencias no son de consideración, por ejemplo:

Comprando los resultados obtenidos al aplicar ambos métodos al lenguaje escrito, que se pueden ver en la tabla II, se observa que las diadas más frecuentes son la "E-" precedida por "A-" y "S-".

DIADA-ESCRITO-ALEATORIO

DIADA	frec.	%
E-	= 172	3.13
S-	= 168	3.05
A-	= 154	2.80
O-	= 134	2.47

DIADAS-ESCRITO-EXTRUCTURADO

DIADA	frec.	%
E-	= 181	3.29
A-	= 175	3.18
S-	= 167	3.04
O-	= 144	2.62

Comparando los resultados al aplicar los 2 métodos al lenguaje hablado, que se pueden ver en la Tabla III, se encuentra que:

DIADAS-HABLADO-ALEATORIO

DIADA	frec.	%
S-	= 195	3.54
E-	= 182	3.31
A-	= 171	3.11
O-	= 147	2.67

DIADAS-HABLADO-EXTRUCTURADO

DIADA	frec.	%
A-	= 204	3.71
E-	= 182	3.31
O-	= 163	2.96
S-	= 141	2.56

Se obtienen resultados análogos al comparar las triadas, tanto para el lenguaje escrito como para el hablado.

Por lo anterior es razonable suponer que no hay diferencia substancial entre los resultados obtenidos por los dos métodos y por lo tanto se pueden emplear indistintamente.

Uno de los puntos controvertidos en este trabajo es el que se refiere a la justificación del tamaño de las muestras. La información revisada mostró que no hay claridad en cuanto a qué tamaño de la muestra es representativa de un idioma. Al menos Bustos y French et al, sugieren sin justificar, que un tamaño entre 80 y 100 mil palabras es un tamaño apropiado, y dadas las limitaciones de tiempo y esfuerzo en este trabajo se supondrá que una muestra de 85,000 es representativo del español en México, tanto para el escrito como para el hablado.

TABLA II. Resultados de la frecuencia de aparición de las "diadas", para el lenguaje Escrito, obtenido por los métodos aleatorio y estructurado.

ALEATORIO			ESTRUCTURADO		
AC	40	.73	AD	37	.67
AD	34	.62	AL	46	.84
AL	55	1.00	AN	65	1.18
AN	43	.78	AR	56	1.02
AR	53	.96	AS	53	.96
AS	64	1.16	A-	175	3.18
A-	154	2.80	CA	32	.58
CA	41	.75	CE	25	.45
CI	63	1.15	CI	48	.87
CO	51	.93	CO	53	.96
DE	130	2.36	DA	25	.45
DO	38	.69	DE	142	2.58
EL	55	1.00	DI	26	.47
EN	96	1.75	DO	48	.87
ER	76	1.38	EC	27	.49
ES	91	1.66	EL	69	1.26
E-	172	3.13	EN	110	2.00
IA	38	.69	ER	66	1.20
IC	39	.71	ES	88	1.60
IN	32	.58	E-	181	3.29
IO	63	1.15	IA	29	.53
LA	74	1.35	IC	37	.67
LO	37	.67	IN	36	.65
L-	79	1.44	IO	25	.45
ME	31	.56	LA	97	1.76
NA	29	.53	LE	30	.55
NO	29	.53	LO	66	1.20
NT	54	.98	L-	75	1.36
N-	79	1.44	MO	27	.49
ON	76	1.38	NA	25	.45
OR	45	.82	NT	39	.71
OS	74	1.35	N-	116	2.11
O-	136	2.47	ON	57	1.04
PR	35	.64	OR	42	.76
QU	44	.80	OS	84	1.53
RA	76	1.38	O-	144	2.62
RE	45	.82	PR	30	.55
RI	45	.82	RA	56	1.02
RO	36	.65	RE	60	1.09
R-	51	.93	RI	30	.55
SE	32	.58	RO	42	.76
ST	44	.80	R-	57	1.04
S-	168	3.06	SE	48	.87
TA	52	.95	ST	39	.71
TE	51	.93	S-	167	3.04
TI	40	.73	TA	51	.93
UE	58	1.05	TE	37	.67
Y-	31	.56	TO	35	.64
-A	71	1.29	UE	56	1.02
-C	64	1.16	UN	36	.65
-D	122	2.22	-A	64	1.16
-E	105	1.91	-C	60	1.09
-I	30	.55	-D	142	2.58
-L	89	1.62	-E	137	2.49
-M	36	.65	-L	135	2.46
-N	29	.53	-M	26	.47
-P	87	1.58	-P	79	1.44
-O	34	.62	-S	64	1.16
-S	59	1.07	-U	29	.53
-Y	30	.55			

TABLA III. Resultados de la frecuencia de aparición de las "díadas" para el lenguaje Hablado, obtenidos por los métodos aleatorio y estructurado.

ALEATORIO			ESTRUCTURADO		
AC	30	.55	AC	30	.55
AD	31	.56	AD	33	.60
AL	33	.60	AL	37	.67
AM	30	.55	AM	30	.55
AN	45	.82	AN	47	.85
AR	47	.85	AR	65	1.18
AS	52	.95	A-	204	3.71
A-	171	3.11	CI	69	1.26
CI	58	1.05	CO	46	.84
CO	43	.78	DA	37	.67
DA	34	.62	DE	131	2.38
DE	100	1.82	DO	33	.60
DO	35	.64	EL	50	.91
EL	40	.73	EN	102	1.86
EN	122	2.22	ER	77	1.40
ER	52	.95	ES	101	1.84
ES	131	2.38	E-	182	3.31
E-	182	3.31	HA	34	.62
IC	33	.60	IC	46	.84
IO	37	.67	IE	38	.69
LA	56	1.02	IO	41	.75
LO	38	.69	LA	84	1.53
L-	41	.75	LO	57	1.04
ME	35	.64	L-	55	1.00
NO	47	.85	MO	34	.62
NT	75	1.36	MP	30	.55
N-	108	1.96	NA	33	.60
OH	68	1.24	NT	60	1.09
OR	32	.58	N-	99	1.80
OS	96	1.75	ON	54	.98
O-	147	2.67	OS	76	1.38
PO	35	.64	O-	163	2.96
QU	55	1.00	PA	32	.58
RA	50	.91	QU	54	.98
RE	52	.95	RA	55	1.00
RO	38	.69	RE	49	.89
R-	46	.84	RI	35	.64
SE	43	.78	R-	56	1.02
ST	52	.95	SE	45	.82
S-	195	3.55	ST	46	.84
TA	63	1.15	S-	141	2.56
TE	73	1.33	TA	62	1.13
TI	38	.69	TE	50	1.05
TR	33	.60	TO	41	.75
UE	91	1.66	UE	71	1.29
UN	42	.76	UN	41	.75
Y-	37	.67	Y-	33	.60
-A	67	1.22	-A	59	1.07
-C	59	1.07	-C	62	1.13
-D	96	1.75	-D	136	2.47
-E	132	2.40	-E	110	2.00
-L	66	1.20	-H	38	.69
-M	36	.65	-L	106	1.93
-N	45	.82	-H	39	.71
-O	31	.56	-P	70	1.42
-P	73	1.33	-Q	41	.75
-Q	49	.89	-S	72	1.31
-S	64	1.16	-T	44	.80
-T	37	.67	-U	32	.58
-U	32	.58			
-Y	40	.73			

I.3 RECOPIACION DE LAS MUESTRAS FINALES PARA EL ESPAÑOL ESCRITO Y EL ESPAÑOL HABLADO.

Las palabras del español escrito se obtuvieron empleando el método aleatorio. Inicialmente se tomó la primera palabra de cada renglón, pero como se perdía mucho tiempo si había o no guión (indicación de palabra incompleta) al final del renglón anterior, se optó por considerar la última palabra completa de cada renglón. Este material se guardó en sus respectivos archivos GANT * (*=1,...13) con el programa "Archivo de datos", Apéndice (1), vea el diagrama de flujo (1).

(Almacenamiento de palabras)

Para el español hablado, las conversaciones grabadas en cintas se reprodujeron en una grabadora de cinta con altavoz integrado, y utilizando el método aleatorio se tomó una palabra aproximadamente cada 5 segundos, anotando cada una de ellas en cuadernos respetando las reglas ortográficas. Después se archivaron en los discos flexibles (archivos BETT*) con el programa (1).

El análisis de ambas muestras es similar y se muestra a continuación.

I.4 ANALISIS DE PALABRAS.

Como el objetivo es encontrar la frecuencia con que aparecen las letras y combinaciones de éstas, se consideró lo siguiente:

- 1.- El alfabeto en español consta de 29 letras, considerando al espacio también como parte integral del lenguaje, se le considera como una letra más. Por simplicidad en el análisis las letras "Ch" y "LL" se consideraron como símbolos compuestos.

Como el análisis se realiza con una computadora y en ésta no aparece la letra "N" se le sustituyó por el carácter "Q".

Con estas primeras consideraciones se tienen en total 28 letras:

Q A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z (-)
N espacio

- 2.- Las combinaciones de letras relevantes para este trabajo son del tipo: AAB, CAS, NOP, ON, SAL, AA, BBB, etc. Matemáticamente lo que se necesita encontrar son las permutaciones de las n(28) letras tomando r(-1,2,3) cada vez, con repeticiones. Para encontrar estas recuerdese que el número de permutaciones con n elementos es:

$$P_n = n(n-1)(n-2)\dots 2.1 = n!$$

También interesan las permutaciones de r elementos elegidos entre n elementos dados ($n \geq r$):

$$P_{n,r} = n(n-1)(n-2)\dots(n-r+1) = \frac{n!}{(n-r)!}$$

Estas permutaciones omiten las repeticiones, para obtener estas, considérese n elementos, para cualquiera de ellos existen n posibilidades de aparecer, es decir,

para el 1.- elemento	existen	n posibilidades
para el 2.- elemento	existen	n posibilidades
para el r.- elemento	existen	n posibilidades

Por lo que el número de permutaciones que se pueden formar de r elementos elegidos entre los de un conjunto de n elementos, considerando sus repeticiones es:

$$P_{n,r} = \underbrace{n \cdot n \cdot n \cdot \dots \cdot n}_r = n^r$$

Ahora, para las 28 letras, el número de permutaciones de dos en dos es (r=2) :

$$P_{28,2} = (28)^2 = 784$$

Análogamente las permutaciones de tres letras es (r=3):

$$P_{28,3} = (28)^3 = 21952$$

Las permutaciones tomando 4 a la vez son $(28)^4 = 614,656$, y tomando 5 a la vez $(28)^5 = 17,210,368$. Para el análisis de las permutaciones de 28 letras tomando 4 a la vez se necesitan por lo menos 614 654 localidades de memoria para poder guardar la información, es decir casi 615 kilo-bytes de memoria. La computadora utilizada en este estudio solamente tiene 186 kilo-bytes de memoria, en consecuencia el análisis se hizo únicamente para los casos de 2 y 3 letras.

Posteriormente se describe otro tipo de análisis para palabras completas y con sentido formadas por 4 y 5 letras.

I.4.1 PROGRAMAS.

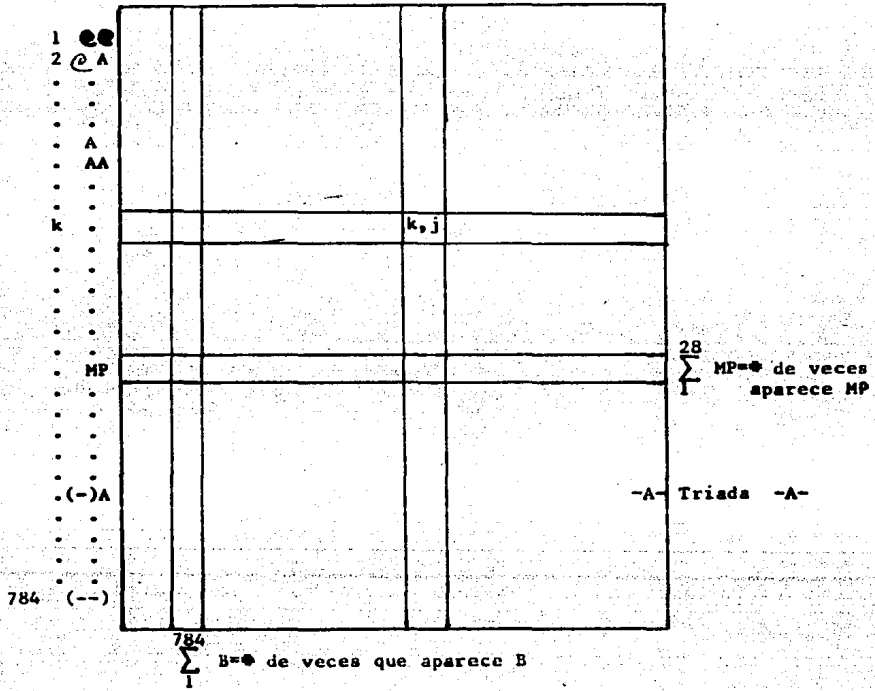
Inicialmente se hizo un algoritmo para el análisis (frecuencia de aparición de letras y permutaciones de 2 y 3 letras) de las 28 letras, pero resultó ineficiente, por lo que se tuvo que desarrollar un segundo algoritmo. A continuación se muestran ambos algoritmos y se comparan.

Para el 1er. algoritmo se crearon 3 archivos; uno para almacenar una cadena de 28 letras, otro para almacenar una cadena de $(784 \cdot 2)$ dígitos y un tercer archivo para los datos (palabras), dimensionado al número de datos que se desean analizar.

Se crea una matriz numérica $R_{k,j}$ de dimensión (784×28) que sirve para contar la aparición de cada una de las permutaciones que aparecen en el análisis, incrementando en 1 cada elemento de la matriz, correspondiente a la permutación en cuestión. Vea el esquema 1.

ESQUEMA 1. Matriz $R_{k,j}$.

1 2 3 4 5..... j27 28
 (A) A B C D.....Z (-)



$\sum_{i=1}^{784} B = \#$ de veces que aparece B

$j = 1, \dots, 28$
 $k = 1, \dots, 784$

Se emplean las instrucciones condicionales "FOR...TO" , "IF...THEN"

Para $i = 1$ hasta el número de datos.
Para $k = 1$ hasta el número de diadas (784)
Para $j = 1$ hasta el número de letras (28)

Si al leer 3 datos, estos son iguales al elemento que se forma al concatenar el elemento k -ésimo de las diadas con el elemento j -ésimo de las letras, entonces $R_{k,j} = R_{k,j} + 1$.

En el lenguaje Basic usado es:

```
IF C$(1)[i, i+2] = B$(k) [1,2] & A$(j) [1] THEN R(k,j) = R(k,j) + 1
      3 datos      diada k-ésima | letra j-ésima      incrementa Rk,j en 1
                               concatenación
```

Se incrementa en uno $i(i=i+1)$, y se regresa a tomar el siguiente conjunto de 3 letras hasta agotar el conjunto de datos. Véase el diagrama de flujo (2) y el programa completo en el apéndice 2.

La matriz $R_{k,j}$ contiene al final del análisis las cuentas de la aparición de permutaciones, es decir, cada elemento de la matriz representa el número de veces que aparece la permutación correspondiente (tomando 3 a la vez) en los datos. La suma de todos los elementos de la columna j -ésima da el número de veces que aparece la letra j -ésima y la suma de todos los elementos en el renglón k -ésimo da el número de veces que aparece la diada k -ésima. Vea el esquema 1.

Se aplicó este algoritmo a una de las 4 muestras de prueba (mencionado en la sección 1.2) y se encontró que el tiempo que tarda la máquina en encontrar el lugar que le corresponde a cada permutación y sumarle uno al elemento de matriz correspondiente es de aproximadamente de 1.4 minutos y que para las 1000 palabras de ese archivo, es de aproximadamente 120 horas, es decir, 15 días en jornadas de 8 horas (1000 palabras corresponden aproximadamente a 5500 letras).

Para una muestra de 85000 palabras, que tiene un promedio de 400,000 letras, la máquina se tardaría aproximadamente; ¡ 1200 horas de máquina!. Obviamente el tiempo es irrazonablemente largo y el trabajo casi imposible de realizar.

Se creó otro algoritmo mucho más eficiente que evitó poner las tres instrucciones condicionales (FOR...to) que ocupa la mayor parte del tiempo de procesamiento.

La idea fundamental de este algoritmo es la siguiente: que el carácter mismo dé su posición dentro de la matriz $R_{k,j}$. esto se realiza de la siguiente manera. Las computadoras se comunican con sus periféricos (teclado, pantalla, impresora, etc) por medio de un código (ASCII, EBCDIC y otros), en el cual a cada letra, símbolo o número le corresponde un valor numérico que puede estar en alguna de las bases numéricas frecuentemente usadas (base 2, base 8, base 10 ó base 16), estos valores están estandarizados y tabulados. Véase la Tabla (IV).

DIAGRAMA DE FLUJO 2. Análisis de palabras, primer algoritmo.

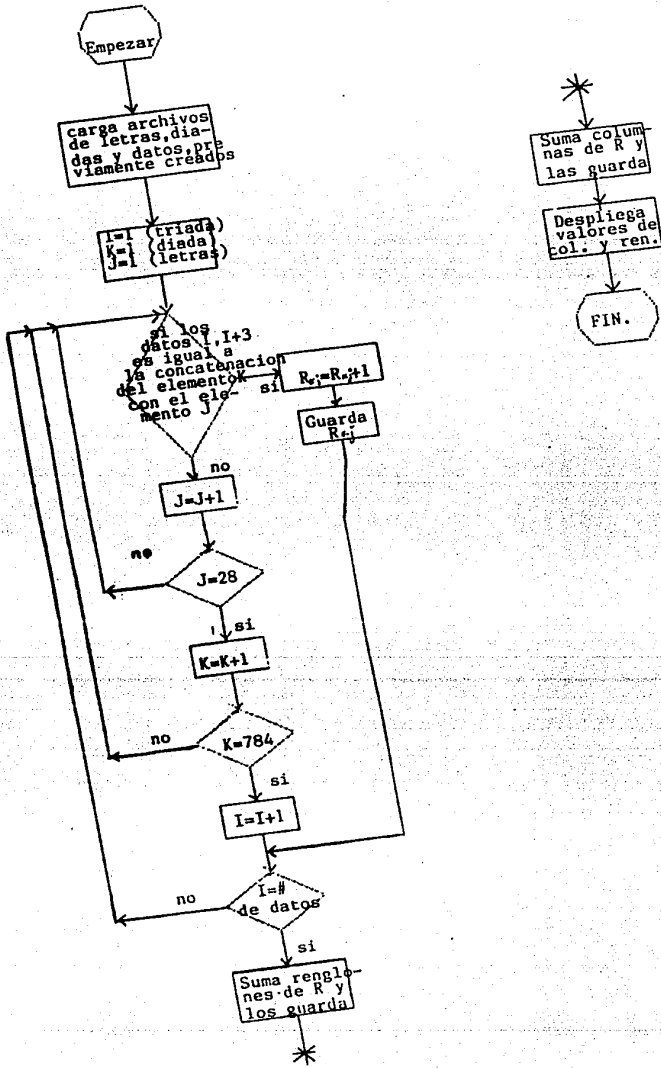


TABLA IV. Código ASCII

ASCII Char.	EQUIVALENT FORMS				ASCII Char.	EQUIVALENT FORMS				ASCII Char.	EQUIVALENT FORMS				ASCII Char.	EQUIVALENT FORMS			
	Binary	Oct	Hex	Dec		Binary	Oct	Hex	Dec		Binary	Oct	Hex	Dec		Binary	Oct	Hex	Dec
NUL	00000000	000	00	0	space	00100000	040	20	32	@	01000010	100	40	64	.	01100000	140	80	96
SOH	00000001	001	01	1	'	00100001	041	21	33	A	01000011	101	41	65	^	01100001	141	81	97
STX	00000010	002	02	2	''	00100010	042	22	34	B	01000100	102	42	66	h	01100010	142	82	98
ETX	00000011	003	03	3	#	00100011	043	23	35	C	01000101	103	43	67	l	01100011	143	83	99
EOT	00000100	004	04	4	\$	00100100	044	24	36	D	01000110	104	44	68	o	01100100	144	84	100
ENO	00000101	005	05	5	%	00100101	045	25	37	E	01000111	105	45	69	p	01100101	145	85	101
ACK	00001010	006	06	6	&	00101010	046	26	38	F	01001010	106	46	70	r	01101010	146	86	102
BELL	00001011	007	07	7	'	00101011	047	27	39	G	01001011	107	47	71	s	01101011	147	87	103
BS	00001100	010	08	8	!	00101100	050	24	40	H	01001100	110	48	72	t	01101100	150	90	104
HT	00001101	011	09	9	!"	00101101	051	29	41	I	01001101	111	49	73	u	01101101	151	91	105
LF	00001110	012	0A	10	!"#	00101110	052	2A	42	J	01001110	112	4A	74	v	01101110	152	9A	106
VT	00001111	013	0B	11	!"#\$	00101111	053	2B	43	K	01001111	113	4B	75	w	01101111	153	9B	107
FF	00001100	014	0C	12	!"#\$%	00101100	054	2C	44	L	01001100	114	4C	76	x	01101100	154	9C	108
CR	00001101	015	0D	13	!"#\$%&	00101101	055	2D	45	M	01001101	115	4D	77	y	01101101	155	9D	109
SO	00001110	016	0E	14	!"#\$%&'	00101110	056	2E	46	N	01001110	116	4E	78	z	01101110	156	9E	110
SI	00001111	017	0F	15	!"#\$%&'&	00101111	057	2F	47	O	01001111	117	4F	79	{	01101111	157	9F	111
DLE	00010000	020	10	16	!"#\$%&'&@	00110000	060	30	48	P	01010000	120	50	80		01110000	160	70	112
DC1	00010001	021	11	17	!"#\$%&'&@A	00110001	061	31	49	Q	01010001	121	51	81	}	01110001	161	71	113
DC2	00010010	022	12	18	!"#\$%&'&@AB	00110010	062	32	50	R	01010010	122	52	82	~	01110010	162	72	114
DC3	00010011	023	13	19	!"#\$%&'&@ABC	00110011	063	33	51	S	01010011	123	53	83		01110011	163	73	115
DC4	00010100	024	14	20	!"#\$%&'&@ABCD	00110100	064	34	52	T	01010100	124	54	84		01110100	164	74	116
NAK	00010101	025	15	21	!"#\$%&'&@ABCDE	00110101	065	35	53	U	01010101	125	55	85		01110101	165	75	117
SYNC	00010110	026	16	22	!"#\$%&'&@ABCDEF	00110110	066	36	54	V	01010110	126	56	86		01110110	166	76	118
ETB	00010111	027	17	23	!"#\$%&'&@ABCDEFG	00110111	067	37	55	W	01010111	127	57	87		01110111	167	77	119
CAN	00011000	010	14	24	!"#\$%&'&@ABCDEFGH	00111000	070	38	56	X	01011000	130	58	88		01111000	170	78	120
EM	00011001	011	15	25	!"#\$%&'&@ABCDEFGH!	00111001	071	39	57	Y	01011001	131	59	89		01111001	171	79	121
SUB	00011010	012	1A	26	!"#\$%&'&@ABCDEFGH!	00111010	072	3A	58	Z	01011010	132	5A	90		01111010	172	7A	122
ESC	00011011	013	1B	27	!"#\$%&'&@ABCDEFGH!	00111011	073	3B	59	[01011011	133	5B	91		01111011	173	7B	123
FS	00011100	014	1C	28	!"#\$%&'&@ABCDEFGH!	00111100	074	3C	60	\	01011100	134	5C	92		01111100	174	7C	124
GS	00011101	015	1D	29	!"#\$%&'&@ABCDEFGH!	00111101	075	3D	61]	01011101	135	5D	93		01111101	175	7D	125
RS	00011110	016	1E	30	!"#\$%&'&@ABCDEFGH!	00111110	076	3E	62	^	01011110	136	5E	94		01111110	176	7E	126
US	00011111	017	1F	31	!"#\$%&'&@ABCDEFGH!	00111111	077	3F	63	_	01011111	137	5F	95		01111111	177	7F	127

En el lenguaje Basic⁴ que se utilizó existe la instrucción "NUM" que da el valor ASCII en base 10 de los caracteres que tiene el teclado, en particular para las letras mayúsculas (con letras mayúsculas se escribieron las palabras obtenidas aleatoriamente) del alfabeto, los valores de estas letras están comprendidas entre 65 y 90, en el orden usual (vea Tabla IV). El carácter @ tiene el valor 64 y el carácter ASCII que denota espacio (-) tiene el valor decimal 32

Para hacer que la numeración no impiece en 64 sino en uno, se le resta la cantidad fija de 63 a cada valor que se obtiene al aplicar la instrucción NUM, es decir, si el valor decimal de @=64 menos 63 se obtendrá que:

@ Ocupa el lugar número uno en la lista del alfabeto.

$$A = 65-63 = 2$$

$$B = 66-63 = 3$$

.

$$Z = 90-63 = 27$$

Pero el espacio (-) = 32 menos 63 da un número negativo (-31), para que este carácter ocupe el lugar 28 en la lista se le suma 59, ó bien simplemente se le asigna la posición 28.

Con esto se tienen todas las letras enumeradas del 1 al 28 con

$$@ = 1 \text{ y } (-) = 28$$

Para el caso de enumeración y por consiguiente identificación de una diada, se utilizó el siguiente razonamiento:

En un sistema numérico posicional, un número está representado por una sucesión de dígitos, donde cada dígito tiene asociado cierto peso. Por ejemplo el valor "D", de un número decimal de 4 dígitos $d_3d_2d_1d_0$ es

$$D = d_3 \cdot 10^3 + d_2 \cdot 10^2 + d_1 \cdot 10^1 + d_0 \cdot 10^0$$

Cada dígito d_i tiene un peso 10^i .

En una representación de números decimales se usa un punto decimal permitiendo, tanto potencias negativas como potencias positivas. Así $d_1d_0.d_{-1}d_{-2}$ tiene el valor.

$$D = d_1 \cdot 10^1 + d_0 \cdot 10^0 + d_{-1} \cdot 10^{-1} + d_{-2} \cdot 10^{-2}$$

En un sistema posicional general, cada dígito tiene asociado un peso de b^i , donde b es llamada la BASE del sistema numérico. La forma general de un número en tal sistema es:

$$d_{p-1} d_{p-2} \dots d_1 d_0 \cdot d_{-1} d_{-2} \dots d_{-n}$$

donde hay p dígitos a la izquierda del punto y n dígitos a la derecha del punto llamado base. El valor del número es:

$$D = \sum_{P \geq i \geq -n} d_i \cdot b^i \quad \begin{matrix} s=1,2,\dots,p \\ n=1,2,\dots \end{matrix}$$

En general la representación de un número en un sistema numérico posicional es único. El dígito más a la izquierda en tal número se le llama el dígito de alto orden o el dígito más significativo; el más a la derecha es el dígito de menor orden o el dígito menos significativo.

Si se utiliza para designar una letra, su posición o número correspondiente dentro del alfabeto, la elección de una base 28 facilita el trabajo posterior de análisis ya que:

Un valor D en una base 28 de los dígitos ($d_1 d_0$) se expresaría como:

$$D = d_1 \cdot 28^1 + d_0 \cdot 28^0$$

Donde d_0 y d_1 serían los valores ASCII (restándoles 63) que se obtiene al aplicar la instrucción "NUM" a las letras que se estén analizando.

En todas las bases, las unidades se forman del número de dígitos que designe la base, por ejemplo en base 10 las unidades son 10: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9. en base 2 de las unidades son 2:0,1. Nótese que en ambos casos se incluyó el cero como primera unidad. En nuestro sistema empezamos con 1 (enumeramos el alfabeto de 1 a 28 y no de 0 a 27), por lo que d_0 y d_1 nunca son cero, esto nos lleva a que la enumeración de diadas empiece en 28 y termine en $784+28$, por lo que se hace conveniente restar el 28 y empezar así en uno. Por lo tanto $D = (d_1 \cdot 28 + d_0) - 28$.

Ejemplo: Considérese la diada @A, entonces @ corresponde a d_1 y A corresponde a d_0 .

@	A
dígito más significativo	dígito menos significativo

El valor ASCII para cada una de estas letras, restándoles 63 dan:

$$\begin{aligned} @ &= 1 \text{ y } A = 2 \\ D &= (1 \cdot 28 + 2) - 28 = 2 \end{aligned}$$

La diada @A ocupa el segundo lugar en la enumeración, y así sucesivamente.

⊙⊙ = 1, ⊙A = 2, ⊙B = 3, ... A⊙ = 29, AA = 30, ..., (-)(-) = 784

Una vez identificada tanto las letras como las diadas, con un número dentro del alfabeto o de la sucesión de diadas posibles, veamos como éstas pueden dar su posición dentro de la matriz $R_{k,j}$.

Como ya se vió $R_{k,j}$ está dimensionada a un arreglo de 784*28 localidades, donde el 784 corresponde a las diadas y 28 a las letras, véase el esquema (1).

La computadora lee las 3 primeras letras del archivo de datos, a las 3 les aplica la instrucción "NUM", se obtiene el valor D para las dos primeras letras (un valor entre 1 y 784) y se asocia con el índice k, el tercer elemento (la tercera letra) es asociada con el índice j, con esto se tiene el elemento k,j de la matriz $R_{k,j}$ elemento al cual se incrementa en uno.

Ejemplo: Supóngase que la primera palabra que tiene el archivo es:

C A S A
1 2 3 4

La computadora obtiene el valor ASCII de las 3 letras sucesivas empezando con la "C", le resta 63 a cada una.

C = 67 - 63 = 4
A = 65 - 63 = 2
S = 84 - 63 = 21

Se consideran las dos primeras y se aplica D, donde

C = dígito más significativo y
A = dígito menos significativo

Entonces $d_1 = 4$ y $d_0 = 2$ y $D = (28*4+2)-28 = 86$

Asociamos este valor al índice k, Así como el valor de S se asocia con el índice j. Por lo tanto $R_{k,j} = R_{86,21}$ y $R_{86,21} = R_{86,21} + 1$

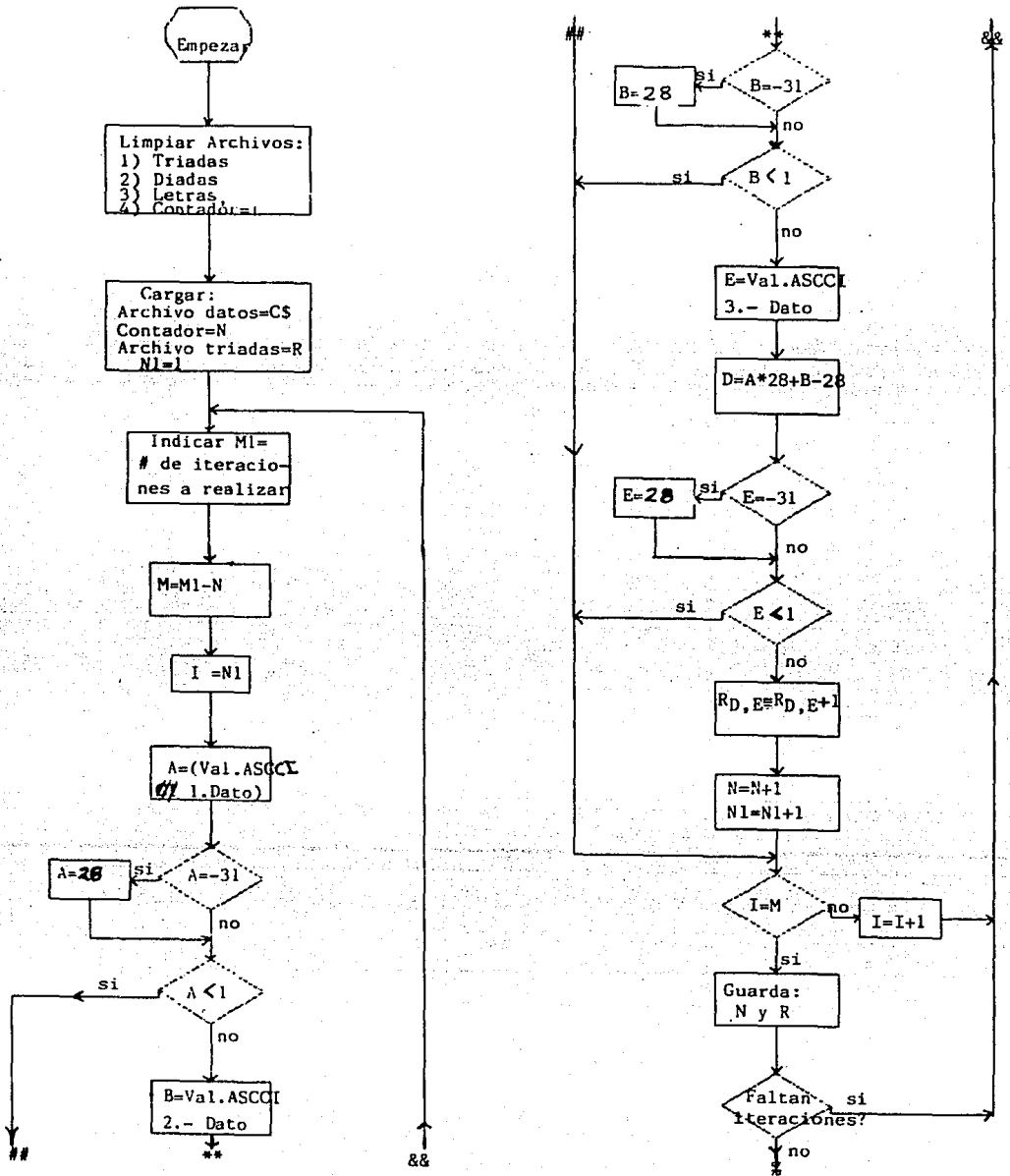
indicando que este elemento o permutación (CAS), al menos aparece una vez en el archivo de datos. A continuación lee las 3 siguientes letras empezando con la primera "A" (segunda letra en CASA), aplica el mismo procedimiento; así sucesivamente hasta agotar los datos (letras de todas las palabras).

Al final del análisis, como ya se dijo anteriormente, en la matriz $R_{k,j}$ se tiene toda la información sobre la frecuencia de aparición de letras aisladas y permutaciones de 2 y 3 letras.

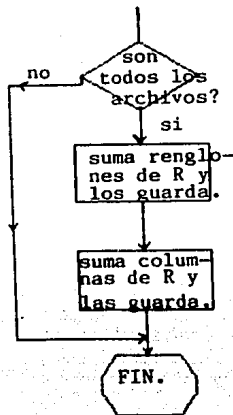
El diagrama de flujo (3) muestra lo dicho anteriormente y el programa completo se muestra en el apéndice (3).

Este último algoritmo tarda 7.5 minutos en analizar un archivo de 1000 palabras. Esto quiere decir que para una muestra de 85000 palabras, tarda del orden de 10.5 horas, que comprado con el primer algoritmo, reduce el tiempo de máquina en un orden de 10^3 veces.

DIAGRAMA DE FLUJO 3. Análisis de palabras, segundo algoritmo.



CONTINUACION PROGRAMA QUE
ANALIZA CARACTERES, SEGUNDO
ALGORITMO.



I.4.2 ANALISIS PARA PALABRAS DE 4 Y 5 LETRAS.

Con el fin de encontrar permutaciones para n mayor que 3, se diseñó otro tipo de análisis; se desarrolló un algoritmo que permite escoger palabras con sentido de 4 o 5 letras del tipo CASA, MESAS, SOLO, TARDE, etc. No se tienen en cuenta los espacios y se eliminaron palabras con más de 5 letras, aunque el procedimiento se puede implementar para palabras con cualquier número de letras. La idea fundamental es condicionar la detección de palabras, por ejemplo para palabras de 4 letras se pide que al leer del archivo de datos las letras cuya posición sea $n+4$, que tanto la letra $n-1$ como la letra $n+5$ sean espacios, además de que las letras intermedias no sean espacios, de ser así, que escriba estas $n+4$ letras en un archivo previamente establecido. De lo contrario que incremente n en uno ($n = n+1$) y repita el mismo procedimiento, y así sucesivamente hasta agotar los datos. La desventaja de este algoritmo es que obtiene las palabras pero no las cuenta.

El procedimiento es análogo para palabras de 5 letras. Estos procesamientos se muestran en el diagrama de flujo (4). El programa se puede ver en el apéndice (4).

I.5 RESULTADOS PARA EL ESPAÑOL ESCRITO Y EL ESPAÑOL HABLADO.

Se obtuvo la frecuencia de aparición de palabras de 1, 2 y 3 letras arregladas de mayor a menor, tuvieran o no sentido, en ambas muestras español hablado y español escrito. Así como las palabras de 4 y 5 letras con sentido más frecuentes. Se dan algunos resultados interesantes que se desprende de las tablas. En todas las tablas, se dan los resultados en 2 columnas, tal que la primera corresponde al idioma escrito y la otra al idioma hablado.

Teniendo en consideración que el número de palabras para cada muestra es de aproximadamente 85000 palabras y que estas hacen para el español escrito 400296 caracteres y para el español hablado 381,572 caracteres, se muestra en la tabla V las letras del alfabeto y su frecuencia de aparición.

En la Tabla VI se muestran las 100 diadas más frecuentes en orden decreciente y su frecuencia de aparición.

En la Tabla VII se muestran las 100 triadas más frecuentes en orden decreciente y su frecuencia de aparición.

En la Tabla VIII se muestran las 30 palabras de 4 letras con sentido más frecuente, y su frecuencia de aparición.

En la Tabla IX se muestran las 30 palabras de 5 letras con sentido más frecuentes, y su frecuencia de aparición.

DIAGRAMA DE FLUJO 4. Análisis de palabras con sentido, de 4 y 5 letras.

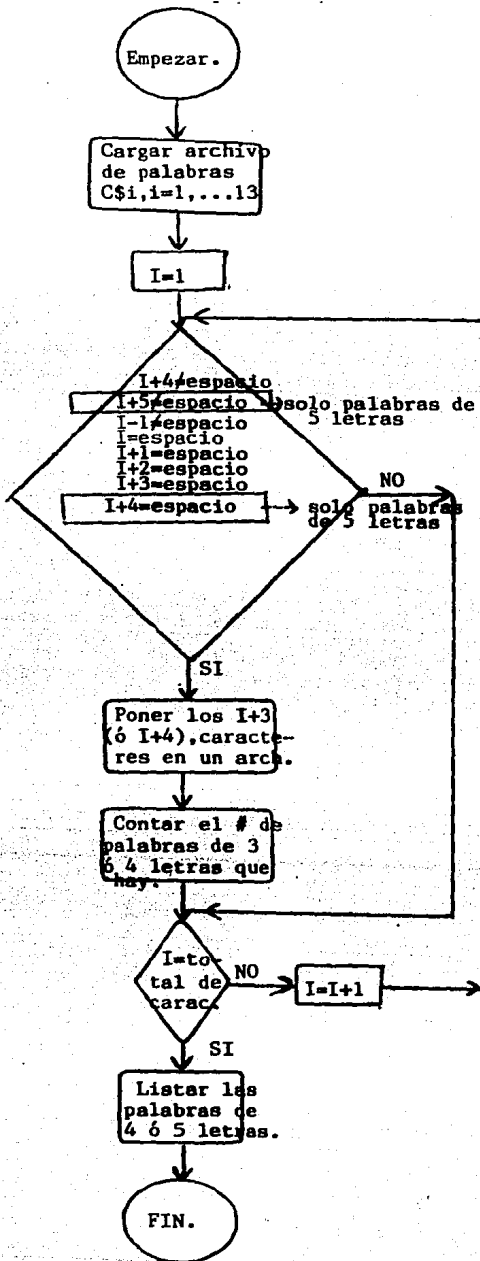


Tabla V: Frecuencia de aparición de las letras del alfabeto en orden decreciente.

	ESCRITO	%		HABLADO	%
E	42632	10.65	E	41688	10.93
A	41925	10.47	A	39134	10.26
O	32049	8.01	O	30618	8.02
S	24959	6.23	S	23736	6.22
I	24723	6.18	N	21680	5.68
R	22966	5.74	I	20950	5.49
N	22857	5.71	R	20286	5.32
L	18901	4.72	L	15339	4.02
C	16418	4.10	T	15058	3.95
D	15921	3.98	U	13984	3.67
T	15404	3.85	C	13900	3.64
U	13078	3.27	D	13756	3.60
M	9518	2.38	M	10010	2.62
P	9119	2.28	P	8222	2.15
G	4181	1.04	B	4155	1.09
B	4083	1.02	Q	3900	1.02
V	3431	.86	G	3596	.94
F	2703	.65	Y	3526	.92
H	2552	.64	V	3437	.90
Q	2495	.62	H	3004	.79
Y	2469	.62	F	2065	.54
J	1592	.40	J	1490	.39
Z	1538	.38	Z	1092	.29
X	1002	.25	N	662	.17
N	658	.16	X	518	.14
K	41	.01	K	22	.0058
W	10	--	W	3	—

TABLA VI. Diadas más frecuentes. De un total de 400 295 diadas para el español escrito y 381 571 diadas para el hablado se obtiene:

ESCRITO			HABLADO		
A-	12 856	3.21 %	A-	12 964	3.41 %
S-	11 988	2.99 %	E-	12 091	3.17 %
O-	10 774	2.69 %	O-	11 698	3.07 %
E-	10 230	2.56 %	S-	11 046	2.89 %
-E	7 124	1.78 %	-E	7 546	1.98 %
ES	7 008	1.75 %	ES	6 936	1.82 %
-D	6 979	1.74 %	EN	6 602	1.73 %
DE	6 953	1.74 %	N-	5 934	1.56 %
EN	6 626	1.65 %	OS	5 772	1.51 %
N-	5 968	1.49 %	-D	5 768	1.51 %
-L	5 565	1.39 %	DE	5 500	1.44 %
OS	5 565	1.39 %	-A	5 329	1.40 %
-P	5 545	1.38 %	-P	5 272	1.38 %
-C	5 399	1.35 %	-L	5 204	1.36 %
ON	5 146	1.28 %	UE	5 204	1.36 %
ER	5 128	1.28 %	-C	4 922	1.29 %
-A	5 010	1.25 %	ER	4 586	1.20 %
LA	4 955	1.24 %	-S	4 502	1.18 %
RA	4 800	1.20 %	AR	4 188	1.10 %
L-	4 450	1.11 %	RA	4 150	1.09 %
-S	4 370	1.09 %	ON	4 122	1.08 %
AS	4 323	1.08 %	TA	4 054	1.06 %
RE	4 284	1.07 %	-M	3 978	1.04 %
AR	4 214	1.05 %	LA	3 942	1.03 %
CI	4 212	1.05 %	QU	3 888	1.02 %
EL	3 897	0.97 %	NT	3 830	1.00 %
CO	3 841	0.96 %	TE	3 705	0.97 %
AN	3 837	0.96 %	AS	3 703	0.97 %
NT	3 778	0.94 %	RE	3 586	0.94 %
AL	3 747	0.94 %	AN	3 550	0.93 %
TE	3 708	0.93 %	R-	3 357	0.88 %
UE	3 665	0.92 %	CO	3 342	0.88 %
IO	3 611	0.90 %	CI	3 294	0.86 %
TA	3 555	0.89 %	DO	3 071	0.81 %
OR	3 480	0.87 %	L-	3 049	0.80 %
-M	3 389	0.85 %	-Q	3 033	0.79 %
CA	3 316	0.83 %	ST	3 025	0.79 %
DO	3 241	0.81 %	OR	3 014	0.79 %
AD	3 178	0.79 %	-T	2 856	0.75 %
RO	3 019	0.75 %	TO	2 814	0.74 %
TO	2 946	0.74 %	EL	2 786	0.73 %
NA	2 909	0.73 %	-N	2 770	0.73 %
IC	2 877	0.72 %	RO	2 767	0.73 %
ST	2 862	0.71 %	NO	2 750	0.72 %
R-	2 839	0.71 %	CA	2 727	0.71 %
RI	2 795	0.70 %	AL	2 704	0.71 %
LO	2 739	0.68 %	SE	2 682	0.70 %
IA	2 732	0.68 %	LO	2 648	0.69 %
IN	2 598	0.65 %	-Y	2 514	0.66 %
QU	2 491	0.62 %	Y-	2 492	0.65 %
SE	2 433	0.61 %	IA	2 463	0.64 %
DA	2 296	0.57 %	AD	2 446	0.64 %
MA	2 293	0.57 %	IO	2 428	0.64 %
UN	2 273	0.57 %	UN	2 400	0.63 %
LE	2 244	0.56 %	ME	2 360	0.62 %
AC	2 236	0.56 %	IE	2 238	0.59 %

TABLA VI. Continuación.

TI	2 206	0.55 %	NA	2 185	0.57 %
MA	2 195	0.55 %	DA	2 092	0.55 %
NO	2 165	0.54 %	RI	2 040	0.54 %
-T	2 137	0.53 %	TR	2 022	0.53 %
PA	2 042	0.51 %	MO	1 996	0.52 %
IC	2 029	0.51 %	IC	1 983	0.52 %
TR	1 976	0.49 %	PO	1 978	0.52 %
SI	1 954	0.49 %	MA	1 950	0.51 %
DI	1 952	0.49 %	DI	1 925	0.50 %
PO	1 938	0.48 %	LE	1 904	0.50 %
-O	1 854	0.46 %	AC	1 862	0.49 %
EC	1 849	0.46 %	IN	1 852	0.48 %
Y-	1 818	0.45 %	SI	1 852	0.48 %
LI	1 795	0.45 %	-H	1 838	0.48 %
IS	1 784	0.45 %	AM	1 786	0.47 %
-N	1 764	0.44 %	-U	1 768	0.46 %
ID	1 707	0.43 %	PA	1 733	0.45 %
-Y	1 695	0.42 %	TI	1 614	0.42 %
-R	1 683	0.42 %	PE	1 582	0.41 %
PE	1 643	0.41 %	AB	1 574	0.41 %
PR	1 636	0.41 %	NI	1 553	0.41 %
NE	1 588	0.40 %	SA	1 546	0.40 %
-U	1 539	0.38 %	I-	1 532	0.40 %
MI	1 527	0.38 %	-V	1 528	0.40 %
AM	1 525	0.38 %	HA	1 470	0.38 %
SO	1 525	0.38 %	EC	1 427	0.37 %
-H	1 525	0.38 %	SO	1 408	0.37 %
ND	1 497	0.37 %	-R	1 362	0.36 %
MO	1 495	0.37 %	LI	1 302	0.34 %
-I	1 424	0.36 %	MI	1 302	0.34 %
SA	1 422	0.36 %	IS	1 280	0.33 %
NI	1 334	0.33 %	NC	1 257	0.33 %
-F	1 310	0.33 %	ND	1 252	0.33 %
OM	1 309	0.33 %	OM	1 251	0.33 %
NC	1 289	0.32 %	CE	1 228	0.32 %
-V	1 268	0.32 %	BA	1 222	0.32 %
IT	1 254	0.31 %	ID	1 185	0.31 %
OL	1 252	0.31 %	CU	1 168	0.31 %
CE	1 228	0.31 %	-O	1 150	0.30 %
CU	1 217	0.30 %	PR	1 130	0.30 %
-O	1 211	0.30 %	ED	1 110	0.29 %
AT	1 184	0.30 %	IL	1 096	0.29 %
SU	1 147	0.29 %	EM	1 088	0.28 %
AB	1 127	0.28 %	IT	1 079	0.28 %
RT	1 116	0.28 %	VI	1 062	0.28 %
	$\Sigma =$	81.51 %		$\Sigma =$	82.55 %

TABLA VII. Triadas más frecuentes. De un total de 400 294 triadas para el español escrito y 381 570 triadas para el español hablado se obtiene:

ESCRITO			HABLADO		
-DE	5 433	1.36 %	OS-	5 054	1.32 %
OS-	4 761	1.19 %	-DE	4 180	1.10 %
DE-	3 790	0.95 %	QUE	3 228	0.85 %
AS-	3 365	0.84 %	DE-	3 088	0.81 %
ES-	3 351	0.84 %	UE-	3 086	0.81 %
-LA	3 139	0.78 %	-QU	3 024	0.79 %
LA-	2 780	0.70 %	ES-	2 930	0.77 %
-CO	2 424	0.61 %	-ES	2 812	0.74 %
-EL	2 085	0.52 %	AS-	2 696	0.71 %
EN-	2 029	0.51 %	-LA	2 514	0.66 %
ION	2 029	0.51 %	ENT	2 344	0.61 %
QUE	2 020	0.50 %	LA-	2 252	0.59 %
CIO	1 969	0.49 %	-CO	2 136	0.56 %
-EN	1 943	0.48 %	ON-	2 008	0.53 %
UE-	1 886	0.47 %	EN-	2 006	0.53 %
-ES	1 872	0.47 %	EL-	1 980	0.52 %
-QU	1 851	0.46 %	DO-	1 894	0.50 %
DO-	1 791	0.45 %	-EN	1 890	0.50 %
NTE	1 701	0.42 %	EST	1 870	0.49 %
RA-	1 692	0.42 %	-Y-	1 854	0.49 %
-SE	1 585	0.40 %	-SE	1 810	0.47 %
-Y-	1 490	0.37 %	-A-	1 790	0.47 %
AL-	1 486	0.37 %	NO-	1 700	0.46 %
TE-	1 472	0.37 %	TE-	1 670	0.44 %
-LO	1 469	0.37 %	-EL	1 642	0.43 %
IA-	1 469	0.37 %	RA-	1 609	0.42 %
COM	1 467	0.37 %	-NO	1 592	0.42 %
A-D	1 448	0.36 %	-UN	1 550	0.41 %
A-E	1 431	0.36 %	-LO	1 544	0.41 %
EST	1 424	0.36 %	NTE	1 526	0.40 %
-PA	1 378	0.34 %	E-E	1 522	0.40 %
ADO	1 367	0.34 %	IA-	1 504	0.39 %
-UN	1 332	0.33 %	CIO	1 434	0.38 %
S-D	1 328	0.33 %	O-E	1 418	0.37 %
TO-	1 321	0.33 %	STA	1 392	0.37 %
LOS	1 320	0.33 %	SE-	1 370	0.36 %
S-E	1 317	0.33 %	-PO	1 354	0.36 %
AGI	1 303	0.32 %	ION	1 318	0.34 %
-CA	1 286	0.32 %	E-L	1 274	0.33 %
RES	1 286	0.32 %	AR-	1 254	0.33 %
-PR	1 257	0.31 %	LOS	1 236	0.32 %
-PO	1 224	0.31 %	RO-	1 232	0.32 %
O-D	1 200	0.30 %	A-E	1 230	0.32 %
O-E	1 180	0.29 %	-ME	1 202	0.32 %
-RE	1 178	0.29 %	TA-	1 194	0.31 %
STA	1 159	0.29 %	S-D	1 182	0.31 %
E-E	1 149	0.29 %	TO-	1 180	0.31 %
ICA	1 147	0.29 %	IEN	1 166	0.30 %
A-P	1 112	0.28 %	CON	1 162	0.30 %
A-C	1 086	0.27 %	-PA	1 138	0.30 %
NO-	1 079	0.27 %	A-L	1 132	0.30 %
S-P	1 077	0.27 %	A-D	1 126	0.30 %
E-D	1 075	0.27 %	-CA	1 124	0.30 %
OK-	1 071	0.27 %	S-E	1 116	0.29 %
SE-	1 069	0.27 %	-HA	1 114	0.29 %
TA-	1 056	0.26 %	O-D	1 098	0.29 %

TABLA VII. Continuación.

ESCRITO			HABLADO		
S-L	1044	0.27	A-C	1084	0.28
-A-	1043	0.26	RES	1084	0.28
NA-	1039	0.26	POR	1064	0.28
IEN	1025	0.26	NA-	1026	0.27
S-C	1021	0.25	AN-	1026	0.27
-MA	1010	0.25	A-P	1024	0.27
RO-	1005	0.25	-RE	1016	0.27
-ME	990	0.25	E-D	1008	0.26
A-A	981	0.24	OR-	1004	0.26
S-A	973	0.24	S-P	1000	0.26
-SU	966	0.24	O-A	990	0.26
IO-	966	0.24	ACI	976	0.26
E-L	961	0.24	-MA	970	0.25
O-P	951	0.24	LO-	968	0.25
-IN	948	0.24	MOS	966	0.25
PAK	948	0.24	-PE	954	0.25
ERA	936	0.23	A-A	934	0.24
O-C	925	0.23	O-S	930	0.24
CIA	922	0.23	O-P	920	0.24
-PA	904	0.23	S-A	920	0.24
E-P	893	0.22	-SI	914	0.24
A-S	892	0.22	A-S	906	0.24
DEL	891	0.22	E-A	906	0.24
E-C	889	0.22	E-S	904	0.24
AR-	884	0.22	ADO	900	0.24
-DI	880	0.22	ERA	900	0.24
AN-	866	0.22	AL-	898	0.23
LO-	851	0.21	PAR	886	0.23
POR	849	0.21	-PR	884	0.23
AKA	844	0.21	S-C	882	0.23
O-L	841	0.21	TRA	876	0.23
MEN	840	0.21	ERO	856	0.22
U-A	836	0.21	A-M	852	0.22
LAS	833	0.21	E-P	848	0.22
DA-	832	0.21	-AL	842	0.22
-AL	825	0.21	PER	832	0.22
TRA	820	0.20	-DI	830	0.22
CO-	801	0.20	N-E	828	0.22
O-S	797	0.20	NDO	826	0.22
E-A	791	0.20	NTO	826	0.22
-NO	788	0.20	-MU	826	0.21
S-S	784	0.20	ABA	808	0.21
IAD	760	0.20	O-C	788	0.21
ANT	757	0.20	MEN	786	0.21

TOTAL: 34.41 %

TOTAL: 37.31 %

TABLA VIII. Las palabras más frecuentes de 4 letras, con sentido. Se obtuvieron 4949 palabras para el Español escrito y 6504 para el hablado.

ESCRITO			HABLADO		
PARA	428	8.65 %	PARA	408	6.27 %
COMO	271	4.48 %	PERO	354	5.44 %
ESTA	185	3.74 %	ESTA	278	4.27 %
PERO	172	3.48 %	COMO	242	3.72 %
ESTE	131	2.65 %	TODO	212	3.26 %
AÑOS	116	2.34 %	ESTE	166	2.55 %
PAIS	100	2.02 %	NADA	142	2.18 %
TODO	89	1.80 %	AQUI	140	2.15 %
SOLO	83	1.68 %	PUES	134	2.06 %
DIJO	69	1.39 %	CREO	122	1.87 %
OTRO	64	1.29 %	ESTO	110	1.69 %
BIEN	60	1.21 %	ALLI	110	1.69 %
VIDA	55	1.11 %	OTRO	94	1.45 %
PUES	54	1.09 %	BIEN	82	1.26 %
CASA	51	1.03 %	TRES	82	1.26 %
OTRA	50	1.01 %	SOLO	79	1.22 %
AQUI	49	0.99 %	VIDA	66	1.02 %
TRES	47	0.95 %	AÑOS	66	1.02 %
SINO	39	0.79 %	DIJE	62	0.95 %
ELLA	37	0.75 %	SINO	62	0.95 %
GRAN	35	0.71 %	CASA	60	0.92 %
DIAS	35	0.71 %	POCO	60	0.92 %
CUAL	34	0.69 %	PAIS	54	0.83 %
DICE	33	0.67 %	CUAL	54	0.83 %
NADA	29	0.59 %	ALGO	54	0.83 %
CASO	29	0.59 %	DICE	54	0.83 %
SIDO	27	0.55 %	HACE	54	0.83 %
			LEON	54	0.83 %
Total : 46.96%			Total : 53.1 %		

TABLA IX. Las palabras más frecuentes de 5 letras con sentido. Se obtuvieron 6680 palabras para el Español escrito y 7780 para el hablado.

ESCRITO			HABLADO		
HORAS	104	1.56 %	GENTE	178	2.29 %
MUNDO	81	1.21 %	DONDE	156	2.01 %
ENTRE	80	1.20 %	HASTA	136	1.75 %
SOBRE	69	1.03 %	BUENO	128	1.65 %
TIENE	68	1.02 %	HABIA	120	1.54 %
DONDE	68	1.02 %	AHORA	112	1.44 %
OTROS	60	0.90 %	TODOS	112	1.44 %
QUIEN	59	0.88 %	ESTAN	102	1.31 %
PESOS	56	0.84 %	HACER	98	1.26 %
MAYOR	54	0.81 %	TENIA	92	1.18 %
HASTA	54	0.81 %	ELLOS	90	1.16 %
DESDE	54	0.81 %	USTED	90	1.16 %
AHORA	52	0.78 %	DESDE	88	1.13 %
MISMO	50	0.75 %	NUEVO	84	1.08 %
TODOS	49	0.73 %	MUCHO	78	1.00 %
MEJOR	48	0.72 %	NUNCA	76	0.98 %
HABIA	47	0.70 %	DECIR	74	0.95 %
PUEDE	47	0.70 %	COSAS	70	0.90 %
ELLOS	46	0.69 %	SOBRE	68	0.87 %
PARTE	44	0.66 %	TIENE	68	0.87 %
MENOS	43	0.64 %	MEJOR	68	0.87 %
JULIO	43	0.64 %	SEÑOR	62	0.80 %
VOTOS	37	0.55 %	PUEDE	62	0.80 %
LUGAR	34	0.51 %	TANTO	56	0.72 %
NOCHE	33	0.49 %	QUIEN	56	0.72 %
HACER	33	0.49 %	OTROS	54	0.69 %
ANTES	33	0.49 %	NADIE	54	0.69 %
DECIR	29	0.43 %	ESTAR	52	0.67 %
MISMA	28	0.42 %	SACAR	52	0.67 %
MUJER	27	0.40 %	ENTRE	52	0.67 %

Total : 21.32 %

Total : 33.27 %

Algunos de los resultados más interesantes son:

- La letra más frecuente en el idioma español es la "E". Aparece aproximadamente 1 vez por cada diez letras que se utilizan en el idioma.
- La letra que menos se utiliza es la W, y como realmente no se pronuncia como un sonido distintivo (generalmente se sustituye por U), no debería existir en nuestro alfabeto.
- En general son las vocales las que aparecen con más frecuencia, ya que estas 5 vocales hacen el 38.6 % para el español escrito y el 38.4 % para el hablado, comparado con las 22 consonantes que hay en el alfabeto.
- Cuatro palabras aproximadamente, de cada 100 terminan con la letra "A" le siguen la "S", "O" y "E". con 3 palabras cada 100.
- De las 784 diadas posibles, sólo 478 son diferentes de cero (español hablado), esto quiere decir que el 39.1% de las permutaciones de 2 en 2 posibles no se utilizan en el lenguaje.
- Análogamente; de las 21952 permutaciones de 3 en 3 posibles sólo 3225 son diferentes de cero, es decir que utilizamos sólo el 14.7 %.
- Para el español hablado las 10 diadas más frecuentes con sentido y en orden de aparición decreciente son :
ES, EN, DE, LA, TE, AS(HAZ), CI(SI), EL, NO, AL
- Para el español hablado las 10 triadas con sentido más frecuentes y en orden decreciente son :
QUE, LOS, CON, POR, ACI(ASI), ERA, PAR, ABA, UNA, ARA
- En la muestra del español escrito aparecieron 6680 palabras con sentido de 5 letras y 4949 palabras de 4 letras, al parecer se utilizan más palabras de 5 letras que de 4.
- Para la muestra del español hablado aparecieron 6504 palabras de 4 letras formadas por 1736 palabras diferentes. Las primeras 29 de estas forman el 53.1%. Apparently la mitad del vocabulario de palabras de 4 letras empleados al hablar esta compuesta de aproximadamente 30 palabras.
- Para el español hablado las 25 diadas del tipo vocal-consonante más frecuentes, en orden decreciente son :

ES, EN, OS, ER, AR, ON, AS, AN, OR, EL, AL, AD, UN, IC, AC, IN, AM, AB, EC, IS, OM, ID, ED, EM, IT.

- Para el español hablado las 25 diadas del tipo consonante-vocal más frecuentes, en orden decreciente son :

DE, RA, TA, LA, TE, RE, CO, CI, DO, TO, RO, NO, CA, SE, LO, ME, NA, DA, RI, MO, PO, DI, PA, TI, PE.

- Las 25 triadas del tipo consonante-vocal-consonante más frecuentes y en orden decreciente son:

LOS, CON, RES, POR, MOS, PAR, PER, MEN, COM, NOS, LAS, DES, DOS, TEN, DAD, TAN, TAR, TER, DEL, MAS, LES, CAR, TOD, RAN, ROS.

- Las 25 triadas del tipo vocal-consonante-vocal más frecuentes son:

ACI, ADO, ERA, ERO, ABA, ICA, UNA, ARA, ICI, IDA, AMO, ADA, ITA, ECI, ICO, EDI, OMO, AME, ENE, ARI, ERI, ONA, IDO, ESA, ODO

- Las letras del alfabeto CH, LL, RR, (se recordará que fueron consideradas símbolos compuestos, por lo que aparecieron en las diadas), tienen las siguientes frecuencias de aparición:

CH	876	0.23 %
LL	1096	0.29 %
RR	576	0.15 %

que, comparadas con las demás letras del alfabeto, aparecen relativamente poco, ocupando junto con la N, W, Z, los últimos lugares

- Teniendo en consideración, que en México no hay diferencia fonética entre la "B" y la "V" y entre la "S", "Z" y "C" (en el caso de C, sólo es válido para las vocales "E" e "I"), se puede ver que en total la frecuencia de aparición de estos fonemas es:

La frecuencia de aparición del fonema "B" es la suma de ambos símbolos, por lo tanto "B" aparece en total 7592 veces esto hace un porcentaje de 1.99%, y el lugar que ocupa en las letras del alfabeto es prácticamente el del símbolo "B".

Análogamente con la S, Z, y C(en el caso de las vocales I y E que se pueden ver en las diadas), hace un total de 30,268 veces que aparece, cantidad que corresponde a un porcentaje de 7.93% y ocupa aproximadamente el mismo lugar que que la letra "S".

Son muchos los resultados interesantes que se pueden obtener de este análisis y otros muchos que están implementados, por ejemplo se pueden encontrar palabras particulares de interés en textos, esto es importante en el análisis de obras literarias, o bien encontrar alguna combinación particular de palabras, por ejemplo "de que" antes o después de alguna otra, o simplemente compararlo con el "que". Sin embargo con lo que se tiene analizado hasta el momento, no se puede comparar totalmente el vocabulario entre el español escrito y el hablado, ya que este análisis no incluye palabras de más de 5 letras y no se han contado palabras con sentido para permutaciones de 2 y 3 letras. El procedimiento para lograrlo está desarrollado, pero como no es objetivo en este trabajo se pospondrá para el futuro.

II. INTELIGIBILIDAD.

II.1 Inteligibilidad en recintos

El problema de evaluar la eficiencia con que un recinto transmite la voz, es ampliamente conocido; el método de evaluación más inmediato es el de preguntarle a personas distribuidas en un recinto, lo que entendieron o escucharon del texto que un orador leyó. La evaluación se puede hacer con el porcentaje de palabras o sonidos de cada palabra que las personas oyeron correctamente, este porcentaje es conocido en la literatura como porcentaje de articulación (PA) y al método se le conoce como prueba de articulación. En este método se le pide al escucha reconocer exclusivamente combinaciones específicas de fonemas. En este trabajo para no causar confusiones con nombres de otras cantidades (como es el caso de índice de articulación (IA)), simplemente se le llamará método de inteligibilidad.

En la práctica lo que una persona oye depende de la forma en que otra persona habla, por ejemplo los gestos que hace al hablar, sus señas, el tono de su voz, el que pronuncie o no correctamente las palabras etc.; pero no solo esto, depende también de lo que se está diciendo; si se desconoce el tema de que se este hablando, se dirá que no se entiende (o que no se oye, o más bien que no se reconozca) tal o cual palabra, esto lleva a plantear la necesidad de controlar primeramente dos parámetros importantes: 1) la caracterización de la voz del orador y 2) el texto que el orador lea. Otro de los parámetros importantes que debe controlarse es que, la gente que colabore en las pruebas para evaluar un recinto, tenga oídos sanos.

Como se puede observar los parámetros involucrados en este tipo de pruebas, no son fáciles de controlar. Por ejemplo cómo evitar que influya un amplio o reducido vocabulario, es decir ¿qué palabras o sonidos individuales de palabras se deben utilizar para evitar este problema?; lo que se les ocurrió a varios investigadores, fue crear listas con las palabras, más frecuentes en su idioma o listas de palabras, formadas con las combinaciones de letras más frecuentes. Esto implica un amplio conocimiento del idioma de que se trate, es decir un estudio de las palabras o sonidos que más se hablen en un país. Esto creó la necesidad de estudiar la frecuencia de aparición de cierto tipo de combinaciones de fonemas, visto en el capítulo anterior.

Supongase ahora que de alguna manera se caracterizan los parámetros involucrados en la inteligibilidad, y se esta en disposición de aplicar una prueba. Pero ¿qué tan válidos son los resultados sin tener ningún punto de comparación?, para responder a esto, se emplea un método, que también permite medir la inteligibilidad en recintos, ampliamente probado que es el índice de articulación (IA). Este método es puramente instrumental y puede servir como estimador del método de inteligibilidad. Para esto vea el esquema 2 en el cual se muestra la relación entre el IA y la inteligibilidad, para diferentes tipos de listas, donde se observan dos cosas: 1) la inteligibilidad varía de forma diferente para diferentes listas de palabras y 2) en el rango de 0 a 40% del IA la inteligibilidad cambia rápidamente mientras que en el rango de 40 a 100% los cam-

bios son pequeños, esto quiere decir que si el IA es mayor al 40% , entonces la inteligibilidad debe indicar que que el recinto es buen transmisor de la voz (los criterios de evaluación para el IA y la inteligibilidad se veran en las secciones siguientes), de lo contrario alguno o varios de los parámetros involucrados en la prueba de inteligibilidad estan mal elegidos (listas de palabras orador , oyentes).

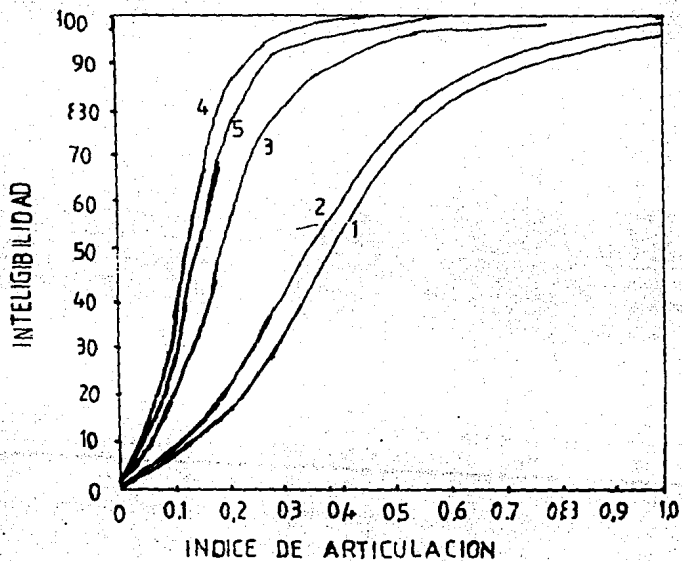
Otra de las ventajas del método del IA , es que al depender de parámetros medibles objetivamente (tiempo de reverberación, absorción, directividad etc.), se pueden indicar los parámetros físicos que se pueden corregir. Aquí es importante aclarar que en este trabajo se contempla la mejor manera de medir dichos parámetros, pero no se dan los criterios de cómo y cuales corregir. Otra aclaración importante es que este método requiere de estudios previos del español que aun no se han llevado a cabo, por lo que la comparación entre ambos métodos es mala, se utilizan resultados en otros idiomas o se hacen suposiciones aproximadas, pero se presenta la metodología para la medición de cada uno de estos parámetros.

Ahora bien, si el IA es el método "bueno" ¿para qué desarrollar el método de inteligibilidad?, la respuesta es inmediata, este método, una vez controlados los parámetros ya mencionados, es mucho más fácil y rápido de realizar y no depende de instrumentos de medición

Por lo anterior, en este capítulo se aborda la inteligibilidad y se analizan con cuidado los parámetros de cada método, obteniendo así 2 criterios para evaluar la inteligibilidad de un recinto.

Posteriormente se presenta un ejemplo de aplicación de las técnicas de ambos métodos con el fin de manejar con mayor soltura los parámetros involucrados en ambos metodos.

ESQUEMA 2. Relación entre la Inteligibilidad y el índice de Articulación, para listas de diferentes tamaños. Los escuchas conocen el vocabulario de cada lista (De Miller, Heise y Lichten, J. Exptl. Psychol., 41:329-335, 1951.)
Donde: 1) 1000 sílabas diferentes sin sentido. 2) 1000 palabras diferentes fonéticamente balanceadas. 3) 256 palabras fonéticamente balanceadas. 4) 32 palabras fonéticamente balanceadas. 5) Oraciones



II.2 METODOS PARA MEDIR LA INTELIGIBILIDAD EN RECINTOS

II.2.1. METODO DE INTELIGIBILIDAD.

El método de inteligibilidad fue aplicado originalmente a sistemas telefónicos y descritas por G.A. Campbell en 1910. Fletcher y Steimber en 1929⁶ desarrollaron procedimientos más refinados. En la literatura se le conoce como método de pruebas de articulación, pero aquí nos referiremos a él simplemente como inteligibilidad. En la sección II.1 se vio que los factores involucrados en este método son :

i) El orador

La articulación de un orador es un factor importante. Peutz⁷ demostró que la inteligibilidad depende fuertemente del orador. Es muy difícil para una persona que no tenga educada la voz, mantener un nivel de voz constante. Esto aunado a una posible, mala o incorrecta pronunciación hace imperiosa la necesidad de escoger personas con la voz educada: oradores, locutores de radio, actores, etc. Aun así, se sabe que en general hay diferencias en la intensidad de los mismos fonemas hablados por diferentes personas o por la misma persona a diferentes tiempos. Peutz propone, para evitar esto, grabar en cinta magnética las listas de palabras u oraciones pronunciadas por un orador que posea buena articulación. En este caso es necesario garantizar que la respuesta del micrófono sea plana en el rango de frecuencias de interés, y también tener cuidado en la posición y la distancia del locutor al micrófono y las condiciones acústicas donde se realiza la grabación. Para la reproducción de esta grabación es importante el empleo de un altavoz dispuesto en forma tal que el coeficiente de directividad sea uno, además de mantener un nivel de intensidad que sea cómodo para los escuchas.

ii) Las listas de palabras

En la actualidad cada investigador, emplea listas de palabras particulares o elaboran sus propias listas por ejemplo: Listas monosilábicas PB-50 citadas por Beranek¹⁸, los Harvard PB-50 de Egan¹⁰, las Nijmegen C-V-C de Peutz⁷, las Afrikaan de Lochner y Burger¹³. El tipo de palabras empleadas según estudios realizados por Kryter⁸, Egan y Peutz, indican que las listas deben contener palabras con la misma proporción de sonidos fundamentales del lenguaje común, y que tengan el mismo nivel de dificultad, por ejemplo las conocidas como Fonéticamente Balanceadas, del tipo consonante-vocal-consonante, no necesariamente con significado alguno. En este trabajo los criterios para definir estas listas son:

- Las listas pueden incluir palabras con o sin sentido (CAS, MIS, LA, ASA, MU, etc.) . Se propone que contenga, para el caso de permutaciones de tres letras, las del tipo consonante-vocal-consonante (C-V-C), y las del tipo vocal-consonante-vocal (V-C-V). Para el caso de permutaciones de dos letras, las del tipo consonante-vocal (C-V) y vocal-consonante (V-C).

- Para definir el tamaño de las listas, se adopta el criterio de que este sea suficientemente grande para hacer estadística confiable con ellas, pero no tan grande que cause al escucha. De aquí que se proponga un tamaño del orden de 40 a 50 permutaciones diferentes. En la literatura se encuentran trabajos similares para otros idiomas y en ellos el tamaño es parecido^{6,7,9,10}.
- Para lograr un mayor énfasis en la pronunciación de cada permutación, se colocó una oración antes de cada permutación, variando las oraciones para no hacer tan monótono el texto generado, pero conservando, aproximadamente, una duración igual para cada una de las oraciones.

Con estos criterios se proponen las listas de palabras 1,2,3, y 4 que se pueden ver en la tabla X.

Es conveniente invertir el orden de cada texto o generar uno nuevo, con el fin de que este no sea aprendido por ninguno de los escuchas, ya que el aprendizaje lleva a interpretar el sonido y no necesariamente a escucharlo^{12,27,28}.

iii) Los escuchas.

Para seleccionar personas con oídos sanos se emplea el método de audiograma (en la sección II.3 se amplía este punto).

EVALUACION.

La calificación de la inteligibilidad puede ser de 3 formas:

- 1) Se considera sólo el porcentaje de vocales correctamente percibidas (anotadas).
- 2) Se considera sólo el porcentaje de consonantes correctamente percibidas.
- 3) Se considera el porcentaje del total de vocales y consonantes correctamente percibidas.

Peutz concluye que las consonantes son las responsables de la mayor parte de la inteligibilidad de voz, y que la suma de los porcentajes de vocales más consonantes no coincide con el porcentaje del total de vocales y consonantes. Pero el porcentaje del total de vocales y consonantes (forma 3) es una buena medida de la inteligibilidad.

Para los porcentajes de la forma 2 y 3 se adopta el criterio de que, si la inteligibilidad es mayor o igual al 85% el recinto posee muy buenas características de inteligibilidad; si es menor al 70% es necesario mejorar las condiciones del recinto. En general se considera que es suficiente si la calificación está entre 70 y 85%.

TABLA X. Lista de palabras 1

Inicialmente escucharán	<u>LOS</u>	Luego escucharán ustedes	<u>ACI</u>
Escucharán a continuación	<u>CON</u>	Escucharán inmediatamente	<u>ADO</u>
Inmediatamente escucharán	<u>RES</u>	A continuación escucharán	<u>ERA</u>
Luego escucharán ustedes	<u>POR</u>	Ahora ustedes escucharán	<u>ERO</u>
Después de esta escucharán	<u>MOS</u>	Luego escucharán ustedes	<u>ABA</u>
A continuación escucharán	<u>PAR</u>	Escucharán a continuación	<u>ICA</u>
Escucharán inmediatamente	<u>PER</u>	Después de esta escucharán	<u>UNA</u>
Escucharán después de esta	<u>MEN</u>	Ahora ustedes escucharán	<u>ARA</u>
A continuación escucharán	<u>COM</u>	Luego ustedes escucharán	<u>ICI</u>
Escucharán a continuación	<u>NOS</u>	Escucharán inmediatamente	<u>IDA</u>
Después de esta escucharán	<u>LAS</u>	Escucharán a continuación	<u>AMO</u>
Ahora ustedes escucharán	<u>DES</u>	Luego ustedes escucharán	<u>ADA</u>
Inmediatamente escucharán	<u>DOS</u>	Ahora ustedes escucharán	<u>ITA</u>
Luego escucharán ustedes	<u>TEN</u>	Escucharán después de esta	<u>ECI</u>
Escucharán a continuación	<u>DAD</u>	Luego ustedes escucharán	<u>ICO</u>
Ahora escucharán ustedes	<u>TAN</u>	Escucharán a continuación	<u>EDI</u>
Ahora ustedes escucharán	<u>TAR</u>	Después de esta escucharán	<u>OMO</u>
Escucharán a continuación	<u>TER</u>	Ahora ustedes escucharán	<u>AME</u>
Después de esta escucharán	<u>DEL</u>	Ahora escucharán ustedes	<u>ENE</u>
Ustedes escucharán luego	<u>MAS</u>	A continuación escucharán	<u>ARI</u>
A continuación escucharán	<u>LES</u>	Escucharán inmediatamente	<u>ERI</u>
Escucharán inmediatamente	<u>CAR</u>	Escucharán a continuación	<u>ONA</u>
Ahora escucharán ustedes	<u>TOD</u>	Escucharán ustedes ahora	<u>IDO</u>
Inmediatamente escucharán	<u>RAN</u>	Después ustedes escucharán	<u>ESA</u>
Escucharán a continuación	<u>ROS</u>	Y finalmente escucharán	<u>ODO</u>

Lista de palabras 2

Inicialmente escucharán	<u>DE</u>	A continuación escucharán	<u>ES</u>
Ahora ustedes escucharán	<u>RA</u>	Inmediatamente escucharán	<u>EN</u>
Escucharán a continuación	<u>TA</u>	Ahora ustedes escucharán	<u>OS</u>
Ahora ustedes escucharán	<u>LA</u>	Escucharán inmediatamente	<u>ER</u>
Luego escucharán ustedes	<u>TE</u>	A continuación escucharán	<u>AR</u>
Inmediatamente escucharán	<u>RE</u>	Ustedes escucharán luego	<u>ON</u>
Ahora ustedes escucharán	<u>CO</u>	Después de esta escucharán	<u>AS</u>
Después de esta escucharán	<u>CI</u>	Escucharán a continuación	<u>AN</u>
Escucharán a continuación	<u>DO</u>	Inmediatamente escucharán	<u>OR</u>
A continuación escucharán	<u>TO</u>	Después ustedes escucharán	<u>EL</u>
Escucharán después de esta	<u>RO</u>	Escucharán ustedes ahora	<u>AL</u>
Escucharán inmediatamente	<u>NO</u>	Escucharán a continuación	<u>AD</u>
A continuación escucharán	<u>CA</u>	Escucharán inmediatamente	<u>UN</u>
Después de esta escucharán	<u>SE</u>	A continuación escucharán	<u>IC</u>
Luego escucharán ustedes	<u>LO</u>	Ahora escucharán ustedes	<u>AC</u>
Inmediatamente escucharán	<u>ME</u>	Ahora ustedes escucharán	<u>IN</u>
Escucharán a continuación	<u>NA</u>	Después de esta escucharán	<u>AM</u>
Luego escucharán ustedes	<u>DA</u>	Escucharán a continuación	<u>AB</u>
Escucharán a continuación	<u>RI</u>	Luego ustedes escucharán	<u>EC</u>
Después de esta escucharán	<u>MO</u>	Escucharán después de esta	<u>IS</u>
Ahora ustedes escucharán	<u>PO</u>	Ustedes ahora escucharán	<u>OM</u>
Ustedes luego escucharán	<u>DI</u>	Ustedes luego escucharán	<u>ID</u>
Escucharán después de esta	<u>PA</u>	Escucharán a continuación	<u>ED</u>
Luego escucharán ustedes	<u>TI</u>	Ahora ustedes escucharán	<u>EM</u>
Escucharán inmediatamente	<u>PE</u>	Y finalmente escucharán	<u>IT</u>

Lista de palabras 3

Inicialmente escucharán ADO
 Ahora ustedes escucharán CON
 Escucharán a continuación ERA
 Ustedes luego escucharán RES
 Ustedes ahora escucharán ACI
 Escucharán después de esta LOS
 Luego ustedes escucharán ERO
 Escucharán a continuación POR
 Inmediatamente escucharán ABA
 Después de esta escucharán MOS
 Ahora ustedes escucharán ICA
 Ahora escucharán ustedes PAR
 A continuación escucharán UNA
 Escucharán inmediatamente PER
 Escucharán a continuación ARA
 Escucharán ustedes ahora MEN
 Después ustedes escucharán ICI
 Inmediatamente escucharán COM
 Escucharán a continuación IDA
 Ahora ustedes escucharán NOS
 Después de esta escucharán AMO
 Ustedes escucharán luego ADA
 A continuación escucharán LAS
 A continuación escucharán DES
 Ahora ustedes escucharán ITA

Inmediatamente escucharán DOS
 A continuación escucharán ECI
 Luego escucharán ustedes TEN
 Ahora ustedes escucharán ICO
 Escucharán inmediatamente DAD
 Luego escucharán ustedes EDI
 Escucharán después de esta TAN
 Ustedes luego escucharán OMO
 A continuación escucharán TAR
 Ahora ustedes escucharán AME
 Después de esta escucharán TER
 Escucharán a continuación ENE
 Luego escucharán ustedes DEL
 Escucharán a continuación ARI
 Inmediatamente escucharán MAS
 Luego escucharán ustedes ERI
 Escucharán a continuación LES
 Inmediatamente escucharán ONA
 Después de esta escucharán CAR
 A continuación escucharán TOD
 Escucharán inmediatamente IDO
 Escucharán después de esta ESA
 A continuación escucharán RAN
 Ahora ustedes escucharán ODO
 Y finalmente escucharán ROS

Lista de palabras 4

Inicialmente escucharán DE
 Ustedes ahora escucharán ES
 Escucharán a continuación RA
 Ustedes luego escucharán EN
 Escucharán después de esta LA
 Inmediatamente escucharán ER
 Luego ustedes escucharán TA
 A continuación escucharán OS
 Después de esta escucharán RE
 Escucharán a continuación AR
 Ahora ustedes escucharán TE
 Ahora escucharán ustedes ON
 Escucharán inmediatamente CO
 Escucharán a continuación AN
 Luego escucharán ustedes CI
 Después de esta escucharán AS
 Ahora ustedes escucharán OR
 Ustedes escucharán luego RO
 A continuación escucharán AD
 Escucharán inmediatamente TO
 Ahora ustedes escucharán AL
 Inmediatamente escucharán DO
 Escucharán a continuación EL
 Luego escucharán ustedes NO
 Escucharán después de esta AC

Ustedes luego escucharán CA
 Ahora ustedes escucharán IC
 Ustedes ahora escucharán SE
 A continuación escucharán UN
 Escucharán inmediatamente ME
 Ahora ustedes escucharán AB
 Después de esta escucharán LO
 Escucharán después de esta AM
 Ustedes luego escucharán NA
 Escucharán a continuación DA
 Ahora ustedes escucharán IN
 Luego escucharán ustedes EC
 Escucharán inmediatamente RI
 Después de esta escucharán IS
 A continuación escucharán MO
 Ustedes ahora escucharán IT
 Luego ustedes escucharán PO
 Ahora ustedes escucharán OM
 Escucharán a continuación DI
 Ahora escucharán ustedes ID
 Después ustedes escucharán PE
 Escucharán ustedes ahora ED
 A continuación escucharán TI
 Escucharán inmediatamente EM
 Y finalmente escucharán PA

II.2.2 Método de Índice de Articulación (IA).

Como se ha mencionado, con este método se puede obtener una medida de la inteligibilidad en un recinto. El procedimiento original fue desarrollado por French y Steinberg¹¹ (1946). Posteriormente surgieron varios métodos por ejemplo el citado por Beranek¹². En 1962 K.D. Kryter propone 3 métodos semejantes a los anteriores: el de 20 bandas, el de bandas por 1/3 de octava y el de bandas de octava. En virtud de que el último no es tan preciso como el primero, y de que el segundo está de acuerdo a los filtros accesibles comercialmente, es preferible usar el método de bandas por 1/3 de octava.

Mediciones hechas por los laboratorios Bell muestran que la información en la voz, esta contenida en el intervalo de frecuencia de 200 Hz a 6 KHz y que el rango dinámico de voz es de 30 dB²⁵. Por esta razón todos los parámetros que dependan de la frecuencia deben contener información en este rango.

El índice de articulación está definido por Beranek¹² como:

$$IA = \frac{6000\text{cps}}{200\text{cps}} \sum (P_p + G_O) - (NERA + NERV)$$

Donde:

- a) P_p = Nivel de presión sonora pico ó nivel de cresta
- b) G_O = Ganancia Ortofónica.
- c) $NERA$ = Nivel espectral de ruido ambiente.
- d) $NERV$ = Nivel espectral de reverberación de voz.

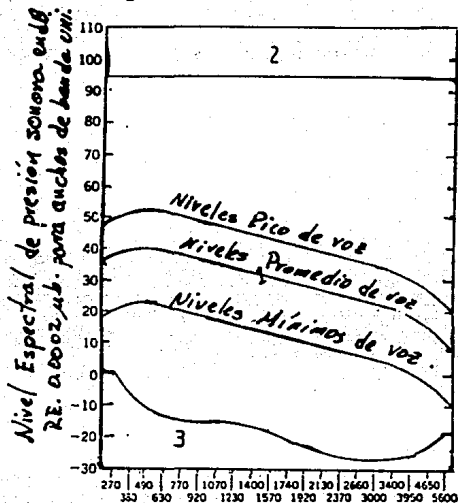
Como ya se mencionó, el IA es una medida porcentual de la relación señal a ruido, la teoría es bastante directa: el rango de voz es dividido en n segmentos, cada uno de los cuales contribuye teóricamente en $n/100$ % del total de la inteligibilidad. Es necesario calcular la razón señal-a-ruido de la voz en cada una de estas bandas, para la voz particular y ruido concerniente. Esta razón (sólo valores positivos) son divididos por 30, multiplicados por $n/100$, y sumados todos (uno a uno). La suposición tácita es que si la razón señal-a-ruido es cero no hay contribución en la inteligibilidad por la energía de la voz en la banda, y para la señal-a-ruido igual ó mayor a 30dB la contribución es total, en los casos intermedios es proporcional a la razón señal-a-ruido. En este caso, en el rango de 200 Hz a 6 KHz y por tercias de octava se tienen 16 bandas. En la definición de Beranek se observa que la señal original (en este caso la voz humana), esta representada por el término $(P_p + G_O)$, y el ruido que perjudica esta señal, por el término $(NERA + NERV)$, esto es, se le esta restando el efecto de ruido total a la señal original. A continuación se describen cada uno estos parámetros.

- a) Nivel de presión sonora pico ó nivel de cresta (P_p).

Es el valor RMS medido con periodo de integración de 1/8 de seg., este es uno de los resultados que no existen para el español, y por lo tanto se considerarán como válidos los resultados para el inglés que se pueden ver en el esquema 3.

ESQUEMA 3.

Gráfica de los niveles espectrales para la voz en inglés de, 1) Area de voz para un hombre hablando con un altavoz; 2) Región de "saturación" del oído promedio de un escucha; y 3) El umbral de audibilidad para oídos jóvenes. Todas las curvas están gráficasadas en función de la frecuencia.



Bandas de frecuencias medias de igual contribución al IA.

b) Ganancia Ortofónica (GO).

Es el nivel de la fuente (voz) referida a la misma fuente pero en condiciones de cámara anecoica y esta definida como:

$$GO = 20 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \quad \text{----- (1)}$$

donde:

P_1 = Promedio temporal de larga duración de la presión de sonido, producido en el oído del escucha por la voz de un orador a un metro de distancia en condiciones de cámara anecoica. El orador puede usar un megáfono para elevar su nivel de voz 6 dB arriba de lo normal. Esta es la condición de referencia.

P_2 = Promedio temporal de la presión de sonido, sobre el oído del escucha, producido por la voz del orador usando algún magnavoz pero en condiciones normales de comunicación en cualquier recinto. Incluye los efectos de amplificación, enfoque, distancia y barreras entre el escucha y el orador, pero no incluye los efectos de ruido, reverberación o distorsión.

Para medir P_1 y P_2 se utiliza un medidor de nivel que tenga un filtro variable de banda angosta, por 1/3 de octava, se mide para cada frecuencia en el intervalo de 200 a 6000 Hz. Otra forma, es grabar en cinta magnética las señales de voz en las condiciones ya descritas y analizar cada señal con técnicas computacionales (vea la sección II.3).

Si el orador esta hablando con un nivel de voz que no sea el indicado, entonces la G_0 , se cambiará según la tabla XI.

TABLA XI. Cambio en la presión de sonido de voz¹².

	Voz Normal	Alta voz	Tan intenso como sea posible, sin tensar las cuerdas vocales.	Gritando
Cambio en el nivel (dB)	-6	0	+6	+12

c) Nivel Espectral de Ruido Ambiente (NERA).

El nivel espectral de presión sonora, es el que se obtendría si se midiera con un analizador que tuviera un ancho de banda de 1 cps, y si el nivel espectral fuera uniforme en ese ancho de banda. Esta es una cantidad útil para comparar datos tomados con analizadores de diferentes anchos de banda.

El nivel espectral de ruido ambiente, se calcula como sigue:

$$NERA(f) = NRA(f) - 10 \log_{10} \Delta f \quad - - - - - 2$$

Con NRA = Nivel de ruido ambiente (en dBA), para cada ancho de banda por 1/3 de octava en el intervalo de 200 a 6000 Hz y se mide con un medidor de frecuencia con filtro de banda angosta de 1/3 de octava, como en el caso de P_1 y P_2 .

Donde: Δf = Ancho de banda en c.p.s.
y f = Frecuencia central

El ancho de banda Δf es proporcional a la frecuencia central involucrada y se define como: $\Delta f = 0.23 * f$, es decir el 23% de cada frecuencia central. En la tabla XII se dan los valores de Δf y $10 \log_{10} \Delta f$, para 1/3 de octavas en el rango de 200 a 6000 Hz.

TABLA XII.

Anchos de banda (Δf) y $10 \log_{10} \Delta f$ para tercias de octava en el rango de 200 a 6000 Hz.

Centro de la frecuencia (Hz), en 1/3 de octava.	Δf	$10 \log_{10} \Delta f$
200	46.0	16.7
250	57.5	17.6
315	72.5	18.6
400	92.0	19.7
500	115.0	20.6
630	144.9	21.6
800	184.0	22.7
1000	230.0	23.6
1250	287.5	24.6
1600	368.0	25.7
2000	460.0	26.7
2500	575.0	27.6
3150	724.5	28.6
4000	920.0	29.7
5000	1150.0	30.6
6300	1449.0	31.6

d) Nivel espectral de reverberación de voz (NERV).

Es el nivel en dBA que resulta de restar a la señal de voz (GO+Pp) el efecto aproximado de la reverberación (en función del tiempo, δ del coeficiente de absorción) y la distancia del orador al escucha. A continuación se analizan cada uno de estos parámetros y sus relaciones.

i) Tiempo de reverberación.

El tiempo de reverberación fue arbitrariamente definido por Sabine^{14,15}, como el tiempo requerido para que el sonido decaiga a una millonésima de su intensidad original.

La ecuación para el decaimiento del sonido en un cuarto de volumen V es:

$$E = E_0 \exp(-CAT/4V) \quad \text{-----} 3$$

con E = densidad de energía, después de un tiempo T(en seg) de apagar la fuente

A = No total de unidades de absorción en Sabines (Métricas).

Definición: El sabine es una unidad de absorción equivalente, y es igual a la absorción de 1 m² de superficie, la cual absorbe toda energía de sonido incidente.

E_o = Energía incidente = $4P_o/CA$.
 P_o = Presión de sonido generado por la fuente.
 T = Tiempo.
 C = Velocidad del sonido

Por lo tanto, por la definición de tiempo de reverberación, cuando la energía $E = 10^{-6} E_o$, entonces de la ecuación 3

$$T = -\ln 10^{-6} \cdot \frac{4V}{CA}$$

Para una temperatura de 20 °C, la velocidad del sonido es : $C = 343$ m/seg.

Por lo tanto $T = 0.161 V/A$ seg. ----- 4

O bien en unidades inglesas, para una temperatura de 71.6°F

$$T = 0.049 V/\bar{a}$$
 seg. ----- 5

En donde si la superficie del recinto es S , el promedio de absorción de Sabine \bar{a} , esta definida por $\bar{a} = A/S$

Es claro que A depende de las áreas y las propiedades de absorción de todos los materiales que cubren el cuarto, pero la forma funcional de esta dependencia esta sujeta a una variedad de suposiciones y simplificaciones.

Sabine adopta la plausible suposición de que el total de sonido absorbido es la suma de las absorciones A_i de las superficies individuales,

$$A = \sum_i A_i = \sum_i S_i \bar{a}_i$$
 ----- 6

Donde A_i es la absorción de Sabine de la superficie i -ésima. Con esta suposición el promedio de la absorción de Sabine será:

$$\bar{a} = 1/S \sum S_i a_i$$
 ----- 7

Sea $a = S \ln(1 - \alpha)$ ----- 8

α = Coeficiente de absorción para cada frecuencia en el rango ya mencionado. De la ec. 7 para una superficie homogénea, $a = a$

Por lo tanto de la ec. 5, y dado que posteriormente se utiliza la tabla XIII, la cual se encuentra en unidades inglesas:

$$T = 0.049 * V/S * \ln(1 - \alpha)$$
 ----- 9

Despejando α en términos de T

$$\alpha = 1 - \exp(-0.049 V/ST)$$
 ----- 10

Se define R la constante del cuarto como :

$$R = S\alpha / (1-\alpha) \quad \text{-----} \quad \text{11}$$

Substituyendo α .

$$R = \frac{S(1-\exp^{0.049 V/TS})}{\exp^{0.049 V/TS}} \quad \text{-----} \quad \text{12}$$

ii) Factor de Directividad Diferencial $Q_d(f)$.

En general, se define el indice de directividad (ID) como:

$$ID = 10 \log_{10} Q(f) \quad \text{-----} \quad \text{13}$$

con $Q(f) = \frac{4\pi / P_{ax} /^2}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} P(\theta, \phi) /^2 \sin\theta d\theta d\phi}$ ----- 14

al cual se le conoce como factor de directividad, donde:

- θ = Angulo azimutal
- ϕ = Angulo axial

Para el caso particular de la directividad de la voz, se define el indice de directividad diferencial (IDD) como la diferencia entre el indice de directividad para la voz en situaciones normales y el indice de directividad para la voz sola. Esta última se obtiene también de resultados en inglés (Dunn y Forsworth, J. Acoust Soc. Amer. 10:184-199 (1939), que se puede ver en el esquema 4.

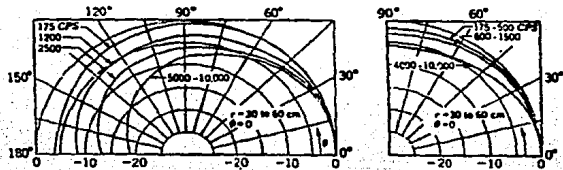
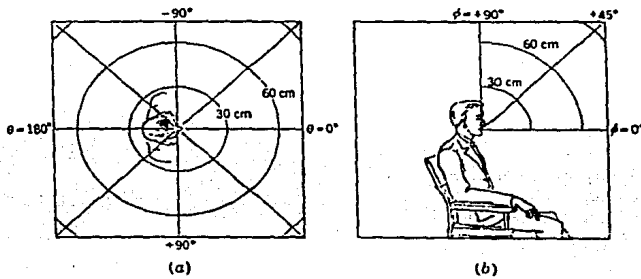
$$IDD = ID \text{ voz normal} - ID \text{ voz sola} = 10 \log_{10} Q_d(f)$$

Con $Q_d(f)$ = factor de directividad diferencial.

$$Q_d(f) = 10^{IDD/10} \quad \text{-----} \quad \text{15}$$

El factor de directividad, en general, es una razón de intensidades; entre la intensidad, en un eje asignado, de una fuente sonora radiando a una distancia r' y la intensidad a la misma distancia, producida por una fuente puntual, tal que esta tiene la misma potencia que la fuente sonora radiando. En la sección II.3 se describe la forma de medir ID y así obtener $Q(f)$.

ESQUEMA 4 .Patrones de directividad para la voz humana en inglés. Los índices de directividad son: 175cps=1 dB, 1200cps=3 dB, 2500cps=4.5 dB; y de 5000 a 10 000 cps = 6 dB.



nivel de presión en dB,
relativo a la presión
para $\theta=0$

nivel de presión en dB.
relativo a la presión
para $\phi=0$

Con T , R , Q_d y r = distancia del orador al escucha, se determina la cantidad $M = 10 \log_{10} Q.R/r^2$ para cada frecuencia en el intervalo de 200 a 6000 Hz, por 1/3 de octava.

Dado M para cada frecuencia y T correspondiente se hace el cálculo aproximado del efecto de reverberación de inteligibilidad de voz. En la tabla XIII se muestra para cada T , el número de decibeles N .

TABLA XIII. Tabla para calcular, aproximadamente, el efecto de reverberación en la inteligibilidad de voz.

Tiempo de reverberación seg.	Nivel pico de voz directa, menos el nivel de voz reverberante, dB.						
	$10 \log(QR/r^2)$						
	0	5	10	15	20	25	30
0.5	15	20	25	30	35	40	45
1	10	15	20	25	30	35	40
2	5	10	15	20	25	30	35
3	3	8	13	18	23	28	33
4	1	6	11	16	21	26	31

Finalmente el espectro de reverberación de voz se obtiene al restar a cada frecuencia de (Pp+GO), el número de decibeles que indique N.

En general, ruido es todo sonido que interfiere con alguna señal, en este caso la voz. En consecuencia tanto el nivel de ruido de fondo como la señal reflejada (sonidos reverberantes) son considerados negativos a la inteligibilidad. En este trabajo la aseveración anterior será considerada como cierta, pero en la literatura se encuentra que parte de los sonidos reverberantes son útiles a la inteligibilidad. Lochner y Burger¹³ concluyeron que el sonido útil para la inteligibilidad es además del sonido directo, el sonido que resulta de las reflexiones que ocurren entre los 95 mseg. iniciales, y todo el sonido reverberante posterior a este tiempo es indeceable porque disminuye la inteligibilidad.

Teniendo esto en mente, se puede proceder a encontrar el IA, al sumar las contribuciones de los niveles espectrales de ruido de fondo y de reverberación de voz, para después restar esta cantidad a lo que representa la señal original (Pp+GO), para cada frecuencia por 1/3 de octava en el rango ya mencionado. A continuación cada IA es dividido entre (16*30) y sumados todos ellos, obteniendo un IA total.

II.2.2.1 EVALUACION

Beranek^{12,18} considera la siguiente clasificación, para interpretar el IA, en cualquier sistema de comunicación.

IA Z

menor a 30
entre 30 y 60
mayor a 60

INTELIGIBILIDAD

Insuficiente
Incierta
Satisfactoria

Y recomienda repetir con mayor cuidado y detalle el proceso si IA cae entre 30 y 60%.

Con este criterio se calificará el IA.

II.3 Ejemplo de aplicación de los métodos, de inteligibilidad y de Índice de Articulación

Se determinaron los IA y la inteligibilidad de dos recintos en el CIUNAM, ambas áreas de reunión académica: El salón de seminarios y el salón de cursos. Como ya se mencionó, las mediciones y parámetros utilizados no son los óptimos y sólo se propone como una aproximación. Se discute el método de medición y la instrumentación implicada, así como las técnicas de análisis.

Del análisis para cada método, visto en la sección anterior, se desprenden dos cosas:

- 1) Ambos métodos se pueden aplicar simultáneamente.

Veamos como se hace esto:

- i) Previamente se miden los parámetros acústicos que dependen del recinto, por ejemplo las dimensiones del recinto y el tiempo de reverberación, además se hacen las audiometrías necesarias para seleccionar personas con oídos sanos.
- ii) El orador lee una lista de palabras (previamente grabadas en condiciones de cámara amortiguada, obteniendo así, un nivel de presión de voz, que sirve como referencia (P_1)).
- iii) Se distribuyen escuchas en el recinto y anotan las palabras que se les indiquen; a la misma distancia de las escuchas se graban las señales de la voz del orador, obteniendo para cada distancia un nivel de presión de voz en condiciones normales (P_2).
- iv) Para cada prueba se obtiene:
 - a) La inteligibilidad obtenida de los porcentajes de palabras entendidas.
 - b) El IA, obtenido de los niveles de presión sonora de voz, (P_1, P_2) del tiempo de reverberación, del factor de directividad, etc.
- 2) Por las limitaciones que se tienen en este campo de estudio algunos parámetros tendrán que tomarse como datos de resultados para el inglés, estos son:
 - i) Nivel de presión sonora pico o de cresta P_p , tomado del esquema 3, los resultados se pueden ver en la tabla XV o XVI, para un recinto u otro.

ii) El índice de directividad para la voz sola, tomado del esquema 4.

A continuación se describen las técnicas de medición de los parámetros que son susceptibles de ser medidos, dadas las limitaciones de tiempo.

II.3.1 Parámetros para la prueba de inteligibilidad.

i) Listas de palabras empleadas.

Considerando que en cada recinto se tomó una sola distancia (r) del orador al escucha, y los escuchas fueron los mismos en las mediciones de los dos recintos, se requirieron dos listas diferentes. Se eligieron las listas de palabras 1 y 3 de la tabla X.

ii) Orador.

Las listas fueron leídas (con voz normal), y en vivo, por una persona que en principio, no tiene educada la voz, esto seguramente genero errores.

iii) Umbral de Audibilidad de los escuchas.

Se contó con 6 escuchas, 3 hombres y 3 mujeres, a los cuales se les hizo sus respectivas audiometrías. El audiómetro utilizado, un B&K 1800 que genera 7 diferentes frecuencias (se repiten para cada oído) y registra automáticamente la respuesta del paciente. Este audiómetro fue previamente calibrado y fueron comprobadas las condiciones adecuadas de ruido ambiente, vea el apéndice 5. Este audiómetro, además cumple con las normas IEC 645 (tipo 4)¹⁹ y ANSI S3.6 1969²⁰.

Los escuchas elegidos, tuvieron audición normal, considerando que sus umbrales estuvieron dentro de ± 10 dB sobre el umbral promedio, en todos los anchos de banda. Vea el esquema 13 en el apéndice 5.

II.3.2 Parámetros para el índice de articulación.

a) Dimensiones del recinto.

Salón de Seminarios: Sup. aproximada = 162.6 m²
 Vol. aproximado = 143.0 m³

Salón de Cursos: Sup. aproximada = 141.0 m²
 Vol. aproximado = 163.5 m³

La distancia (r) orador-escucha fue de 4.5 metros para el salón de Seminarios y de 3 metros en el salón de cursos.

b) Niveles de presión P_1 y P_2 , para calcular la Ganancia Ortofónica(GO).

El nivel de voz del orador en condiciones de cámara amortiguada (P_1) y el nivel de voz en condiciones normales (P_2), para los 2 recintos (utilizando las dos listas de palabras empleadas en el método de inteligibilidad), fueron grabados en cinta magnética (Nagra IV-SJ), con un micrófono B&K 4134 y un preamplificador B&K 2619. Previamente se grabó un tono de calibración, para posteriormente

calibrar el instrumento donde se analizaron los datos(el amplificador B&K 2636).

Para calibrar el micrófono y grabar el tono de calibración, se procede como sigue: Se coloca el micrófono en el preamplificador y este último, a su vez, a un Adaptador Nagra IV-SJ. El adaptador se conecta a alguno de los dos canales de entrada de la grabadora Nagra, en este caso se utilizó el canal 1. En la entrada de cada canal hay un selector de ganancia 40,60 y 80 dB, es la ganancia que se permite al micrófono. En el panel frontal hay dos selectores mas , uno grueso (en pasos de 10 dB), y uno fino (en pasos de 1 en 1 dB). Estos dos se colocan de manera en que la suma de la ganancia del micrófono más estos dos controles mas un medidor con carátula , también en el panel frontal, sumen en total 93.4 dB,cuando está prendido el calibrador 4230 y colocado sobre el micrófono. En el caso de que no lo dé, se mueve el tornillo de ajuste que tiene el Adaptador Nagra ,hasta que se alcance este nivel. Este nivel se graba en la grabadora Nagra y sirve como tono de calibración. Los resultados de P₁ y P₂ se pueden ver en las tablas XV y XVI para cada recinto.

c) Tiempo de Reverberación.

i) Equipo empleado

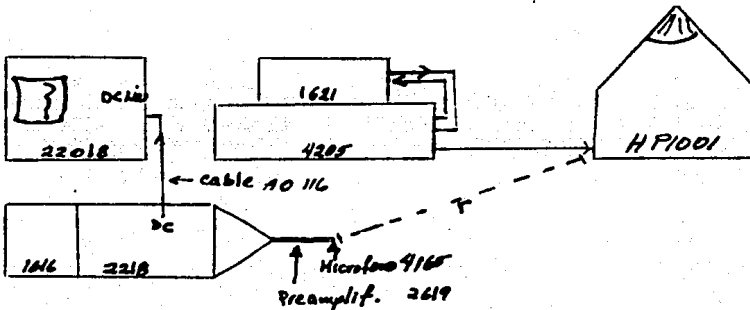
Micrófono 4165 de B&K
Preamplificador 2619 para micrófono
Filtro pasa banda 1621 de B&K
Fuente de sonido HP 1001
Graficador portátil 2306
Fuente de potencia de sonido 4205
Calibrador 4230
Medidor de nivel 2218
Filtro por 1/3 de octava 1616
Tripie
Cable AO 116
Flexómetro

ii) Procedimiento.

- Revisar las baterías y eliminadores de todos los aparatos
- Conectar el filtro 1616 al medidor de nivel 2218, poner el micrófono 4156 y calibrarlo con el calibrador 4230 (debe dar 93.4 dB).
- Conectar la fuente de potencia de sonido 4205 a la fuente de sonido HP 1001, a través del filtro pasa-banda 1621, en 1/3 de octava, comprobar con el medidor de nivel 2218 que en cada recinto se puede generar una señal con potencia de 40 dB arriba de nivel de ruido ambiente para cada banda, como pide la norma ISO-3382-1975(E). El medidor de nivel 2218 puesto en FAST.
- Se conecta de INPUT DC del medidor de nivel 2218 por medio del cable AO 116 a la entrada de señal del graphicador portátil 2306, colocando este en AC-LOC.
- Se pone el micrófono (conectado al medidor de nivel 2218) a la distancia "a" de la fuente.
- Para mayor comodidad colocar el medidor de nivel 2218 en un tripie.

En el esquema 5 se muestra el dispositivo experimental.

ESQUEMA 5. Dispositivo experimental para medir el tiempo de reverberación



Para cada banda (en 1/3 de octava) se genera ruido blanco (40 dB sobre el nivel de ruido ambiente, previamente medido con el medidor de nivel 2218). Se apaga el generador y se registra el decaimiento de la señal en el graficador.

Para una buena medición de tiempo de reverberación se repite el procedimiento para 2 o mas puntos en el recinto a evaluar y se promedian los valores(para cada filtro). Considerando que para cada punto del recinto es suficiente medir solo una vez para cada filtro.

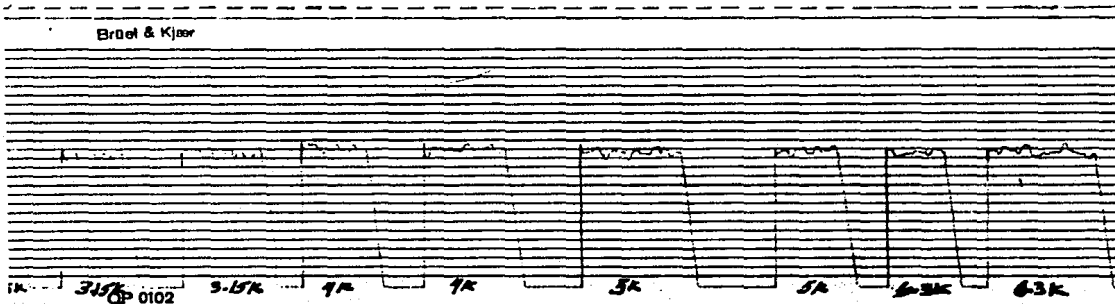
iii) Evaluación del tiempo de reverberación .

Cada muestra almacenada en una gráfica del decaimiento, fue evaluada sobre un rango de al menos 30 dB. En este rango se ajustó una recta, tanto como fue posible, a la curva de decaimiento. La pendiente de esta recta determina el tiempo de reverberación.

Para medir el tiempo de caída en la gráfica, el graficador 2306 contiene un Protractor SC 2361, que muestra directamente este tiempo. Se coloca el eje de la región que indique la velocidad del papel y el rango del potenciómetro usados, sobre la pendiente de la recta y se busca, el rayo del Protractor paralelo a las líneas del papel (el papel esta rayado). El rayo indica el tiempo de decaimiento. En este caso la velocidad del papel fue de 10 mm/seg y un potenciómetro con rango de 50 dB. El papel utilizado es del tipo QP0102.

El esquema siguiente muestra unas gráficas del tiempo de decaimiento, para algunas frecuencias.

ESQUEMA 6. Gráficas del tiempo de decaimiento en el salón de cursos para algunas frecuencias.



Los resultados de los tiempos de reverberación para cada recinto pueden verse en las tablas XV y XVI.

d) Nivel de ruido de fondo en los recintos.

El método más conveniente para medir el nivel de ruido de fondo sería grabar muestras de este ruido en el tiempo, por ejemplo grabar 3 ó 5 minutos cada hora a través de un día. Para este ejemplo basta con muestrear con un medidor de nivel varias veces en el día, obteniendo una medida promedio cada vez, para cada filtro, promediando todas las veces que se haga esta medición. Para esto se utilizó el medidor de nivel de B&K 2218, el filtro por 1/3 de octavas 1616 de B&K y un micrófono, previamente calibrado con el calibrador 4230.

Se midió cada hora de las 11 A.M. a las 16 P.M., para cada recinto y para cada filtro, se promediaron estos valores. Los resultados finales se muestran en la tabla XV y XVI dependiendo del recinto.

e) Factor direccional.

Suponiendo en la ecuación 14 que "p" no depende del ángulo ϕ , entonces:

$$Q(\epsilon) = \frac{4\pi P_{ax}^2}{2 \int_0^\pi P^2(\theta) \text{SEN} \theta d\theta} \quad \text{-----} \quad 16$$

En un experimento los datos $P(\theta)$ y P_{ax} son generalmente tomados para un número de puntos con el ángulo θ_n , en un plano horizontal alrededor de la fuente para una distancia R fija, así que:

$$Q(f)_n = \frac{4\pi P_{ax}(57.3^\circ)}{2 \sum_{n=1}^{180/\Delta\theta} P^2(\theta_n) \text{SE}\theta_n \Delta\theta} \quad \text{----- 17}$$

donde $\Delta\theta$ = Separación en grados de los puntos sucesivos alrededor de la fuente sonora para la cual se mide $P(\theta_n)$.

$180/\Delta\theta$ = Número de mediciones que serán hechas, al pasar de un punto a otro, directamente en frente de la fuente (0° a 180°). Si se supone que la fuente es simétrica, entonces la variación entre 360° y 180° es la misma que entre 0° y 180° .

Si el patrón de directividad no es completamente simétrico, entonces el factor 4 en el numerador de la ecuación 19 será 8 y los valores de n varían de 1 a $360/\Delta\theta$. Esto en efecto promedia los valores del patrón de directividad.

$$Q(f)_n = \frac{8\pi P_{ax}^2 / P_{ax}^2 (57.3^\circ)}{2\pi \sum_{n=1}^{360/\Delta\theta} P^2(\theta_n) / P_{ax}^2 \text{SE}\theta_n \Delta\theta} \quad \text{----- 18}$$

Si por ejemplo se mide θ cada 10° , es decir $\Delta\theta = 10^\circ$

$$360/\Delta\theta = 360^\circ/10^\circ = 36$$

se obtiene 36 mediciones alrededor de la fuente.
Por lo tanto:

$$Q(f)_n = \frac{8\pi (57.3^\circ)}{2\pi \sum_{n=1}^{36} P^2(\theta_n) \text{SE}\theta_n \cdot (10^\circ)}$$

Con los valores de $Q(f)_n$ para cada frecuencia por 1/3 de octava entre 200 y 6000 Hz se calcula el índice de directividad como:

$$ID_n = 10 \log_{10} Q(f)_n$$

Esto es, en condiciones normales en el recinto.

El ID para la voz sola, se da en la siguiente tabla (datos obtenidos de resultados en inglés)

TABLA XIV. Índice de Directividad (ID), para la voz sola, en el idioma inglés, tomados del esquema 4, ref 12.

Frecuencia.	IDvoz-sola
200	1.07
250	1.22
315	1.41
400	1.66
500	1.96
630	2.33
800	2.83
1000	3.41
1250	3.06
1600	3.46
2000	3.92
2500	4.50
3150	4.89
4000	4.40
5000	5.40
6300	6.00

Por último se obtiene:

$$IDD = IDvoz-recinto - IDvoz-sola$$

y como $IDD = 10 \log_{10} Q(f)_d$

entonces

$$Q(f)_d = 10^{IDD/10} \quad \text{-- factor de directividad diferencial.}$$

Es importante hacer notar que la distancia elegida debe estar suficientemente lejos de la fuente para considerar el caso de campo lejano^{25,26}. Para medir $P(0)$ y P_{ax} se requiere un medidor de nivel y un micrófono previamente calibrado. Se elige la distancia R , y se buscan los puntos (δ el punto) para los cuales el nivel es máximo. Se traza un sistema de ejes, tal que pasen por el δ los puntos máximos y se elige uno de ellos como eje axial. A continuación se muestra alrededor de la fuente cada $\Delta\theta$, considerando el eje axial como $\theta = 0^\circ$, lo que implica que P_{ax} no depende del ángulo. Se acostumbra asignar al nivel máximo (P_{ax}) el valor de cero. Entonces los valores subsiguientes para ángulos mayores que cero serán negativos.

Como se puede observar la técnica de medición es bastante laboriosa ya que hay que realizarla para muchas distancias R y además repetirlo varias veces para obtener un resultado promedio. En el laboratorio de Acústica del Centro de Instrumentos UNAM, se tiene proyectado realizar estas mediciones, entre otras; por el momento en este trabajo se considerará que el Índice de directividad

diferencial (IDD) es igual a cero, es decir que el índice de directividad de la voz sola es igual al índice de directividad en el recinto, esto implica que el factor de directividad diferencial $Q(f)_d = 1$, lo cual se traduce en que el índice de directividad en este caso no depende de la dirección (θ y ϕ) con que el orador lea el texto, solo de la distancia a la que se encuentra del micrófono. Esta es una suposición válida, si se tiene en cuenta que la distancia a la que se encuentra el micrófono es mayor a la distancia crítica²⁹, ($r \gg 0.08 \sqrt{V/T}$) y por lo tanto estamos tan lejos del campo cercano que se puede esperar que lo que llega al micrófono es lo mismo en todas direcciones, y aun más, en todas las frecuencias. De aquí que suponer que el índice de directividad en el recinto es igual al de la voz sola, no es una suposición tan mala.

II.3.3 Técnicas de análisis y resultados.

Para cada una de las mediciones grabadas, P_1 y P_2 (y NRA cuando se requiera), se deben obtener los valores promedio para cada banda por 1/3 de octava.

El tiempo promedio de grabación para P_1 y P_2 fue de 3 minutos, muestreando a razón de 0.1 seg, se tendrán 1800 observaciones o datos, para cada muestra, y para cada filtro. Por 1/3 de octava en el rango de 200-6000 Hz se tienen 16 anchos de banda diferentes (200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300). Esto es, se tienen que analizar 28,800 datos para cada P. Es obvio que el análisis requiere de la ayuda de una computadora.

Se utilizó la grabadora Nagra IV-SJ (donde están grabadas las mediciones).

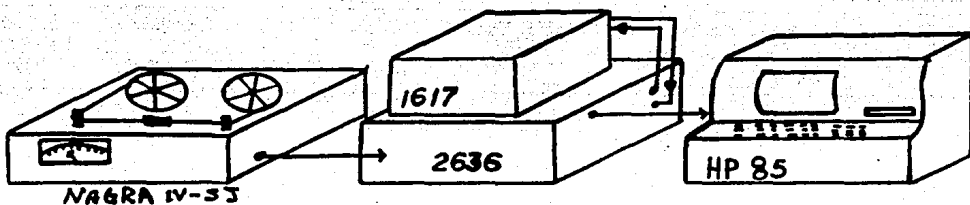
El filtro 1617 de B&K

El amplificador 2636 de B&K

Una interface para la computadora HP85 y para el amplificador 2636
La computadora HP85

En el siguiente esquema se muestra el dispositivo experimental.

ESQUEMA 7. Dispositivo experimental para el análisis de las grabaciones



Procedimiento.

- i) Primero se calibra el amplificador 2636 con el tono de calibración grabado en la grabadora Nagra.
- ii) Se selecciona el ancho de banda en el filtro 1616
- iii) Se corre el programa previamente creado en la HP85, obteniendo el valor promedio de presión, en la grabación, para el filtro elegido.
- iv) Se regresa la cinta a su posición original, se selecciona una nueva banda de filtrado y se obtiene un nuevo valor. Se repite el proceso hasta agotar los filtros en el intervalo de 200 a 6000 Hz por 1/3 de octava para P_1 y P_2 .

II.3.3.1 Programa de análisis de datos.

El programa básicamente lee los datos mostrados por el amplificador (2636) cada 0.1 seg., los almacena y los promedia, para el filtro especificado manualmente.

Las listas de palabras leídas por el orador, contiene los sonidos de la voz y los silencios entre palabra y palabra u oración y oración. En un promedio, estos silencios afectan considerablemente, por lo que se previó la necesidad de quitarlos.

A continuación se muestra el programa creado para estos fines.

PROGRAMA J.

```

10 REM Programa de prueba para el 2636. Elaborado el 16 Julio 1966
20 REM La direccion del 2636 es 704
30 OPTION BASE 1
40 DIM A(1,18000),D(1,3000),Vcal(2),L#(80),T#(60),L#(50),SUMA(1,1),Y
20),SUMA(2),SUMA(2)
50 BEEP 550,.1
60 PRINTER IS 1
70 OUTPUT KBD;"K";
80 L#="*****"
*****"
90 INPUT "¿Cuántas muestras (Max: 18000), intervalo de muestreo(0.1,0.2,0.5,0.10,
1,2,5,10)?",Nmues,Tinter
100 BEEP
110 IF Tinter<=.1 THEN Tintervalo=.093
120 IF Tinter=.3 THEN Tintervalo=.285
130 IF Tinter=.5 THEN Tintervalo=.485
140 IF Tinter=.8 THEN Tintervalo=.734
150 IF Tinter=1.0 THEN Tintervalo=.984
160 IF Tinter=2.0 THEN Tintervalo=1.984
170 IF Tinter=5.0 THEN Tintervalo=4.984
180 IF Tinter=10.0 THEN Tintervalo=9.984
190 IF Tinter>10 THEN GOTO 90
200 IF Nmues>18000 THEN
210 OUTPUT KBD;"K";
220 BEEP 550,.1
230 PRINT TABXY(1,1),L#
240 PRINT TABXY(10,10),"ERROR Número máximo de muestras 18000"
250 PRINT TABXY(1,18),L#
260 WAIT 2
270 GOTO 70
280 END IF
290 OUTPUT KBD;"K";
300 BEEP 550,.1
310 OUTPUT 1:CHR$(133)
320 PRINT TABXY(1,1),L#
330 PRINT TABXY(1,2),L#
340 PRINT TABXY(1,5),"FAVOR DE COLOCAR LOS CONTROLES DEL CASO , LINEAL , ENTENDI
A DIRECTA Y SLOW"
350 PRINT TABXY(1,7),"DEJE CORRER LA CINTA Y AJUSTE LOS ATENUADORES DE ENTRADA
Y SALIDA.OPRIMA CONT PARA CONTINUAR"
360 PRINT TABXY(1,11),L#
370 PRINT TABXY(1,12),L#
380 PAUSE
390 OUTPUT KBD;"K";
400 BEEP 550,.1
410 INPUT "VALOR DEL ATENUADOR DE ENTRADA Y SALIDA EN dB Y CASIENO(1,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50)",Q#
420 IF I#="+50" THEN I#="10"
430 IF I#="+40" THEN I#="11"
440 IF I#="+30" THEN I#="12"
450 IF I#="+20" THEN I#="13"
460 IF I#="+10" THEN I#="14"
470 IF I#="0" THEN I#="15"
480 IF I#="-10" THEN I#="16"
490 IF I#="-20" THEN I#="17"
500 IF I#="-30" THEN I#="18"
510 IF Q#="+50" THEN Q#="01"
520 IF Q#="+40" THEN Q#="01"
530 IF Q#="+30" THEN Q#="02"
540 IF Q#="+20" THEN Q#="03"
550 IF Q#="+10" THEN Q#="04"
560 IF Q#="0" THEN Q#="05"

```

```

570 OUTPUT KBD;"K";
580 BEEP 550,.1
590 OUTPUT 1;CHR$(128)
600 INPUT "?El sistema se encuentra calibrado?/SI,NO",N$
610 IF N$="SI" THEN 1010
620 OUTPUT KBD;"K";
630 BEEP 550,.1
640 PRINT TABXY(1,1),L$
650 PRINT TABXY(10,10),"Coloque en la cinta el tono de calibracion y oprima CO
NT"
660 PRINT TABXY(1,18),L$
670 PAUSE
680 BEEP 550,.3
690 OUTPUT 1;CHR$(135)
700 OUTPUT KBD;"K";
710 PRINT TABXY(1,1),L$
720 PRINT TABXY(10,10),"ESPERE ESTOY ADQUIRIENDO DATOS PARA CALIBRAR"
730 PRINT TABXY(1,18),L$
740 !*****
750 !CALIBRACION A 0.1 SEG 120 MUESTRAS
760 !*****
770 REDIM A(1,120),Vcal(1)
780 REMOTE 704
790 OUTPUT 704;"A1B0C1D2E1F7G0H1L1M1N0P4Q0S0"&I$&D$;Coloca los controles
800 FOR I=1 TO 120
810 ENTER 704;A(1,I)
820 WAIT .083
830 NEXT I
840 LOCAL 7
850 MAT Vcal= RSUM(A)
860 MAT Vcal= Vcal/(120)
870 V=Vcal(1)
880 OUTPUT KBD;"K";
890 BEEP 550,.1
900 OUTPUT 1;CHR$(128)
910 PRINT TABXY(1,1),L$
920 PRINT TABXY(1,2),L$
930 PRINT TABXY(10,10),"El valor de calibracion es",V,"Volts"
940 BEEP
950 PRINT TABXY(10,12),"Para continuar oprima CONT"
960 PRINT TABXY(1,17),L$
970 PRINT TABXY(1,18),L$
980 BEEP
990 PAUSE
1000 GOTO 290
1010 INPUT "?CUAL ES EL VALOR DE CALIBRACION?",V
1020 IF V=0 THEN
1030 OUTPUT KBD;"K";
1040 PRINT TABXY(1,1),L$
1050 PRINT TABXY(10,10),"ERROR DE CALIBRACION"
1060 PRINT TABXY(1,18),L$
1070 WAIT 2
1080 GOTO 570
1090 END IF
1100 OUTPUT KBD;"K";
1110 BEEP 550,.3
1120 PRINT TABXY(1,1),L$
1130 PRINT TABXY(10,10),"PONGA LA GRABACION Y OPRIMA CONT PARA EMPEZAR"
1140 PRINT TABXY(1,18),L$
1150 PAUSE
1160 OUTPUT KBD;"K";
1170 BEEP 550,.3
1180 OUTPUT 1;CHR$(135)
1190 PRINT TABXY(1,1),L$
1200 PRINT TABXY(10,10),"ESPERE ESTOY ADQUIRIENDO DATOS"
1210 PRINT TABXY(1,18),L$

```



```

1220 !*****:
1230 !INICIA MUESTREO
1240: !*****:
1250 REDIM A(1,Nmues)
1260 REMOTE 704
1270 OUTPUT 704;"A1E0C1D2E0F760H1L1M1N0P4Q0S0"%I#;0+!Calcula los dB
1280 Btiempo=TIMEDATE
1290 FOR I=1 TO Nmues
1300 ENTER 704;A(1,I)
1310 WAIT Tintervalo
1320 NEXT I
1330 Ctiempo=TIMEDATE
1340 LOCAL 7
1350: CLEAR 7
-1360 BEEP
1370 OUTPUT KBD;"K";
-1380 OUTPUT 1;CHR$(128)
1390 PRINT TABXY(1,10),"TIEMPO TOTAL DE MUESTREO"
1400 PRINT TABXY(1,11),Ctiempo-Btiempo
1410 WAIT 3.
1420 OUTPUT KBD;"K";
1430 BEEP 550,.1
1440 INPUT "?Cual es la diferencia en atenuacion entre la grabacion y la calibracion ?en dB",Atenuacion
1450 OUTPUT KBD;"K";
1460 OUTPUT 1;CHR$(135)
1470 PRINT TABXY(1,1),L#
1480 PRINT TABXY(10,10),"ESPERE ESTOY PROCESANDO"
1490 PRINT TABXY(1,18),L#
1500 FOR I=1 TO Nmues
1510 A(1,I)=20*LGT(A(1,I)/V)!Calcula los dB
1520 NEXT I
1530 MAT A= A+(93.4+Atenuacion)!Agrega la atenuacion en la calibracion
1531 OUTPUT KBD;"K";
1532 OUTPUT 1;CHR$(128)
1533: PRINT A(*)
1534 PRINT "Presione CONT,para continuar"
1535 PAUSE
1540 INPUT "?Desea quitar niveles de ruido?,NO/SI",S#
1550 IF S#="NO" THEN 1720
1551 INPUT "?A partir de que nivel,desea quitar?",R
1552 N=0
1560 FOR J=1 TO Nmues
1561 IF A(1,J)<R THEN 1590
1570 N=N+1
1580 D(1,J)=A(1,J)
1581 !PRINT D(1,J),N
1590 NEXT J
1630 MAT Suma1= RSUM(D)
1640 MAT Suma1= Suma1/(N)
1650 GOTO 1740
1720 MAT Suma= RSUM(A)
1730 MAT Suma= Suma/(Nmues)
1740 INPUT "?EN QUE FILTRO ESTA EL 1617?",Q
1750 INPUT "?RECORDTO NIVELES DE RUIDO?,NO/SI",H#
1760 IF H#="SI" THEN 1840
1770 PRINTER IS 701
1780 PRINT Suma(*),"FILTRO=";Q;"H="
1790 PRINTER IS 1
1800 PRINT "Cambie al siguiente filtro,y presione CONT,para continuar"
1810 PRINT "Si termino todos los filtros,presione STOP"
1820 PAUSE
1830 GOTO 290
1840 PRINTER IS 701
1850 PRINT Suma1(*),"FILTRO=";Q;"H="
1860 PRINTER IS 1

```

```
1870 PRINT "Cambie al siguiente filtro,y presione CONT,para continuar"  
1880 PRINT "Si termino todos los filtros ,presione STOP"  
1890 PAUSE  
1900 GOTO 290  
1910 END
```

11.3.3.2 Resultados de las pruebas y mediciones.

Se diseñaron unas hojas en donde cada escucha anotó las palabras indicadas previamente, que les fueron leídas. Se muestra una de las hojas a continuación:

ESQUEMA 8.

Lugar: Salón de Cursos Texto N° = 2
 Fecha 11-82 Hora 11-82 r = P₂
 Sexo F M Edad 28

9/50

1	DE	RO	DO	ON	IN
2	RA	NO	DI	AS	AM
3	TA	CA	PA	AN	AT
4	LA	SE	TI	OR	ET
5	TE	LO	PE	EL	IS
6	RE	ME	ES	AL	ON
7	O	NA	EN	AT	IT
8	SI	BA	OS	UN	ET
9	DO	RI	ER	IC	EH
10	TD	HO	AL	AC	IT

De estas hojas se obtuvo la inteligibilidad para cada recinto, los resultados se muestran en la tabla XIX, junto con los resultados finales para las pruebas del índice de articulación.

En la tabla XV se encuentran los resultados de las mediciones realizadas en el salón de seminarios y en la tabla XVI los resultados del salón de cursos.

En la tabla XVII se encuentran los cálculos necesarios y el índice de articulación final para el salón de seminarios y los cálculos análogos para el salón de cursos se pueden ver en la tabla XVIII.

TABLA XV. Mediciones realizadas en el Salón de Seminarios, la distancia elegida fue de $r = 4.5 \text{ m.}$, y el factor de Directividad $Q=1$.

Frec. Hz.	Nivel Pico dB	P ₁ dB	P ₂ dB	Tiempo de rev.(seg)	Ruido Amb. dB	Cte. R pies ²	10 log (QR/ r ²)
200	48	45.6	49.2	0.93	45.4	218.7	0.79
250	49	40.1	41.4	0.80	46.0	258.3	1.51
315	51	40.6	39.8	0.87	43.6	238.2	1.16
400	52	43.8	41.9	0.79	40.2	258.3	1.51
500	52	46.7	43.8	0.70	39.6	299.7	2.16
630	52	40.4	42.4	0.78	38.6	258.3	1.51
800	50	41.3	37.9	0.75	38.4	278.7	1.85
1000	49	38.5	32.5	0.75	38.8	278.7	1.85
1250	46	39.5	34.4	0.70	35.8	299.7	2.16
1600	44	43.0	33.7	0.70	34.0	299.7	2.16
2000	40	40.2	30.8	0.78	31.4	258.3	1.51
2500	37	37.4	27.8	0.70	29.6	299.7	2.16
3150	34	32.0	24.4	0.70	28.0	299.7	2.16
4000	30	35.8	24.4	0.70	27.4	299.7	2.16
5000	26	26.4	16.8	0.70	26.0	299.7	2.16
6300	21	25.9	17.4	0.70	23.0	299.7	2.16

TABLA XVI. Mediciones realizadas en el Salón de Cursos, la distancia elegida fue de $r = 3 \text{ m.}$, y el factor de Directividad $Q=1$.

Frec Hz	Nivel Pico dB	P ₁ dB	P ₂ dB	Tiempo de rev.(seg)	Ruido Amb. dB	Cte. R pies ²	10 log (QR/ r ²)
200	48	45.6	40.7	1.70	35.5	145.6	12.09
250	49	40.1	41.4	1.65	41.0	141.0	11.49
315	51	40.6	37.2	1.40	39.8	156.8	12.41
400	52	43.8	39.9	1.45	35.5	156.8	12.41
500	52	46.7	40.4	1.60	36.0	141.0	11.49
630	52	40.4	36.8	1.50	32.8	156.8	12.41
800	50	41.3	33.2	1.50	34.3	156.8	12.41
1000	49	38.5	29.6	1.20	28.3	189.6	13.24
1250	46	39.5	31.8	1.20	27.8	189.6	13.24
1600	44	43.0	30.1	1.15	26.0	206.6	14.61
2000	40	40.2	29.1	1.00	26.8	241.7	14.29
2500	37	37.4	23.8	0.90	25.5	259.9	14.60
3150	34	32.0	22.3	0.90	25.0	259.9	14.60
4000	30	35.8	21.2	0.75	24.0	317.3	15.47
5000	26	26.4	17.0	0.70	20.0	357.9	16.00
6300	21	25.9	17.2	0.50	18.0	518.3	17.00

TABLA XVII. Cálculos efectuados para el Salón de Seminarios.

Frec. 1/3 de oct.(dB)	GO+Pp dB	N dB	Nivel espec. de ruido Amb NERA (dB)	Nivel Espec. de rever.de NERV (dB)	Energia de la (NERA+NERV) dB	IA/16*30 %
200	42.66	10.0	28.7	32.66	33.94	0.026
250	43.28	12.5	28.7	30.78	32.62	0.028
315	44.83	12.0	25.0	32.83	33.49	0.031
400	45.62	12.0	20.5	33.62	33.83	0.033
500	45.44	13.5	19.0	31.94	32.15	0.032
630	46.42	12.0	17.0	34.42	34.50	0.034
800	43.25	12.5	15.7	30.75	30.88	0.028
1000	41.53	12.5	15.2	29.03	29.21	0.026
1250	38.80	13.5	14.2	25.30	25.63	0.028
1600	35.88	13.5	8.3	22.38	22.55	0.028
2000	31.67	13.5	4.7	18.19	18.38	0.028
2500	28.42	12.5	2.0	15.92	16.09	0.026
3150	25.65	13.5	-0.6	12.15	12.40	0.028
4000	20.67	13.5	-2.3	7.17	7.64	0.027
5000	16.07	13.5	-4.6	2.57	3.33	0.027
6300	11.55	13.5	-8.6	-1.95	-1.10	0.026

Σ 0.453

TABLA XVIII. Cálculos efectuados para el Salón de Cursos.

Frec. 1/3 de oct.(dB)	GO+Pp dB	N dB	Nivel espec. de ruido Amb. NERA (dB)	Nivel espec. de rever.de NERV (dB)	Energia de la (NERA+NERV) dB	IA/16*30 %
200	41.01	17.5	18.8	23.51	24.78	0.034
250	43.28	17.0	23.4	26.28	28.09	0.032
315	44.24	18.5	21.2	25.74	27.04	0.036
400	45.19	18.0	15.8	27.19	27.49	0.037
500	44.74	18.0	15.4	26.74	29.75	0.031
630	45.19	18.5	11.2	26.69	26.81	0.038
800	42.10	18.5	11.6	23.60	23.86	0.038
1000	40.72	23.0	4.7	17.72	17.93	0.047
1250	38.12	23.0	3.2	15.12	15.39	0.047
1600	34.90	23.0	0.3	11.90	12.19	0.047
2000	31.19	25.0	0.1	6.19	7.13	0.050
2500	27.07	26.0	-2.1	1.04	2.76	0.051
3150	24.86	26.0	-3.6	-1.14	0.81	0.050
4000	19.45	28.0	-5.7	-8.55	-3.89	0.049
5000	16.18	28.0	-10.6	-11.82	-8.16	0.051
6300	11.44	31.0	-13.6	-19.56	-12.62	0.050

Σ 0.688

TABLA XIX. Resultados finales para la Inteligibilidad y el Índice de Articulación.

Lugar	Distancia	IA (%)	Inteligibilidad (%)
Salón de Seminarios	4.5 m	45.3	87.0
Salón de Cursos	3.0 m	68.8	86.0

Enmarcando las suposiciones y consideraciones que se tomaron en cuenta para la obtención de estos resultados, destacan los siguientes:

- 1.- Para la obtención de la inteligibilidad se contó con la ayuda de una persona que en principio no tiene educada la voz, y esto seguramente generó errores en estos resultados.
- 2.- Como el texto fue leído con voz normal se restaron 6 dB en cada ancho de banda a la Ganancia Ortofónica.
- 3.- Se consideró una sola distancia del micrófono (ó el oído) al orador, esto limitó mucho los resultados, ya que el método requiere de un muestreo de todo el recinto, para luego promediar.
- 4.- Por cuestiones de tiempo no se llevaron a cabo las mediciones de los niveles de presión pico, para la voz en español, de los patrones de directividad para la voz sola y patrones de directividad para la voz en los recintos a evaluar. Para los niveles de presión pico se utilizarón resultados en inglés, en cuanto a la directividad se supuso que la directividad de la voz en los recintos era igual ala directividad para la voz sola y esta última fue tomada de resultados en inglés, esto se traduce en que Q el factor de directividad es igual a 1, con estas consideraciones se obtienen los resultados finales vistos en la tabla XIX.

Se puede observar en esta tabla(XIX), que por ambos métodos los resultados coinciden razonablemente para el salón de cursos, en ambos, el recinto es un buen transmisor de la voz. No ocurre lo mismo para el salón de seminarios en donde, por el método del IA el resultado cae en la categoría de incierta y según Beranek, se recomienda repetir las mediciones con mayor cuidado. Claro que dado el número de suposiciones hechas, el resultado es comprensible.

Ahora bien, dado los tiempos de reverberación tan elevados que se obtuvieron para el salón de cursos (compárese con los del salón de seminarios), se esperaría que este recinto fuera mal transmisor de voz, sin embargo por ambos métodos aparece como buen transmisor de voz, esto podría deberse a que la distancia del orador al micrófono (ó los escuchas) es relativamente pequeña (3 m.), es decir están suficientemente cerca del orador para que no le afecte la reverberación del propio recinto, lo más probable es que en puntos más alejados, el efecto fuese notorio, y por lo tanto el porcentaje de inteligibilidad sería menor.

CONCLUSIONES.

Como una necesidad de infraestructura, para los estudios posteriores en el estudio del lenguaje, enmarcado este, en el área de Acústica, se realizó el estudio de la estadística del español en México, tanto para el escrito como para el hablado. Este último para resolver el problema de la inteligibilidad en recintos, los resultados encaminados a este problema, son bastante amplios. Se obtuvo la frecuencia de aparición de las letras, y las permutaciones posibles de estas, hasta de 3 en 3 y las palabras completas de 4 y 5 letras; con las palabras más frecuentes se generaron las listas requeridas para realizar el tipo de pruebas.

La aplicación de estos resultados y los resultados que se pueden obtener con el método desarrollado en este trabajo, son bastante amplios, baste mencionar que las listas de palabras fonéticamente balanceadas, generadas con las permutaciones más frecuentes, en el capítulo de inteligibilidad, pueden servir (sin las oraciones precedentes y leídas por un buen orador) como texto en el desarrollo de audiometrías (logo-audiometrías) con voz en el idioma español, claro, con los requerimientos que este tipo de mediciones impone.

Otra área de estudio, en la cual puede ser de interés este tipo de resultados es, por ejemplo, la pedagogía, en cuanto a conocer cuales son las palabras más frecuentes y así diseñar métodos de enseñanza enfocados a niños que están en el proceso de conocer los sonidos individuales del idioma, sobre todo para niños que tienen problemas de aprendizaje.

Al parecer, es de mucha importancia en antropología conocer los sonidos (y combinaciones de estos o bien palabras completas), que en una cultura particular y a través de su historia, se utilizan con mayor frecuencia, este trabajo permite tener cierta información de los sonidos que se utilizan actualmente. Además, el método diseñado en este trabajo permite el análisis de símbolos, en este caso las letras de nuestro alfabeto, pero se puede con el mismo método, analizar cualquier conjunto de símbolos, creo que en antropología podría ser de gran interés.

El manejo de símbolos permite hacer algunos tipos de análisis en el lenguaje, que podrían interesar a los lingüistas, por ejemplo, finalizar la comparación entre el lenguaje escrito con el hablado, el análisis de obras literarias, comparación de textos, etc.

Ahora bien, dada la importancia que muestra el panorama anterior, sería deseable que todas las hipótesis hechas a lo largo de este trabajo fueran absolutamente confiables, pero no es así, son dos los puntos que adolecen de superficialidad: 1) El tamaño de las muestras y 2) La equivalencia de los métodos para obtener dichas muestras.

En cuanto al tamaño de las muestras, no encuentre información bibliográfica que garantice un tamaño adecuado, y la determinación de este tamaño por medios estadísticos es bastante complicada y laboriosa e implicaría, por sí solo, un estudio, para así determinar con la confianza necesaria dicho punto. Por el momento baste mencionar que, si no puedo garantizar que 85 000 palabras es un

tamaño adecuado para representar el idioma español, si es extremadamente grande y muy probablemente si sea representativo del idioma español en México.

En cuanto a la equivalencia de los métodos para obtener las muestras mencionadas, he de comentar que sería muy interesante comprobarla por métodos estadísticos, pero no me fue posible por falta de tiempo, por lo que espero que una comparación somera entre ambas muestras sea suficiente.

Ahora bien, dado que el objetivo de obtener las listas de palabras fonéticamente balanceadas fue cubierto, mencionare que no se profundizó en análisis particulares (salvo las palabras completas de 4 y 5 letras) ya que no se tenían objetivos precisos, en ninguna otra área de estudio, y cada una de ellas puede tener un enfoque diferente, aunque el método pueda ser similar.

En el capítulo de inteligibilidad, el objetivo principal era el de investigar los métodos más comunes para medir la eficiencia con que un recinto transmite la voz humana, como un ejemplo, en donde se pueden aplicar algunos de los resultados de la estadística del español en México, aparte del desarrollo mismo de campo de estudio. Para ello, se encontró en la literatura que existen al menos dos métodos para medir dicha eficiencia (Inteligibilidad e Índice de Articulación), pero dependiendo del objetivo específico que se tenga, es conveniente usar uno u otro método. Si solo se desea cuantificar la eficiencia del recinto, cualquiera de los dos métodos es adecuado, claro que el de inteligibilidad es mucho más sencillo. Pero si se desea mejorar el recinto (sobre todo en el caso en que este sea un mal transmisor de voz), es necesario conocer y medir explícitamente los parámetros acústicos involucrados, entonces el método adecuado es el del IA. En este trabajo se dan los elementos necesarios y finales para realizar las pruebas de inteligibilidad, pero no se puede utilizar el método del IA tal cual esta, ya que no se tienen para el español en México todos los parámetros involucrados.

De aquí que otro de los resultados interesantes, sea el conocimiento de los estudios necesarios para completar el método del IA, aparte de que la obtención de estos parámetros tengan otras aplicaciones, y además de permitirme manejar la instrumentación involucrada que es bastante sofisticada. Esto último se logra al realizar las mediciones de los dos recintos.

APENDICE 1.
Almacenamiento de palabras.

```

1      ! PROGRAMA QUE GUARDA 32000 CARACTERES EN LOS ARCHIVOS DE DATOS.
10     OPTION BASE 1
20     DIM D$(1)[32000],B$(200)
30     PRINTER IS 16
40     PRINT PAGE
50     ASSIGN #2 TO "NUM1:H7"
60     READ #2;N
70     ASSIGN #2 TO *
80     IF N=1 THEN 110
90     N=N
100    GOTO 120
110    N=0
120    PRINT "Existen";N;"datos"
130    PRINT "?Cuantos datos mas desea meter?"
140    INPUT M
150    PRINT "?En pasos de cuanto?"
160    INPUT P
170    PRINT N;M;P
180    ASSIGN #2 TO "BETT11:H7"
190    MAT READ #2;D$(1)
200    ASSIGN #2 TO *
210    PRINT PAGE
220    PRINT "Los datos que existen son:"
230    MAT PRINT D$
240    IF N=1 THEN 280
250    Y=M+N
260    N1=N+1
270    GOTO 300
280    Y=M+N-1
290    N1=N
300    FOR I=N1 TO Y STEP P
310    PRINT "Lugar de los nuevos datos";I;Y
320    PRINT "Meta";P;" nuevos datos"
330    INPUT B$
340    D$(1)[I,I+P-1]=B$
350    PRINT PAGE
360    NEXT I
370    MAT PRINT D$
380    N=LEN(D$(1))
390    PRINT N
400    ASSIGN #1 TO "NUM1:H7"
410    PRINT #1;N
420    ASSIGN #1 TO *
430    ASSIGN #1 TO "BETT11:H7"
440    MAT PRINT #1;D$
450    ASSIGN #1 TO *
460    PRINT "FINALIZO"
470    END
471    ! LIMPIA EL ARCHIVO DE DATOS Y EL CONTADOR ANTES DE EMPEZAR.
480    N=1
490    LET D$(1)=""
500    ASSIGN #1 TO "BETT11:H7"
510    MAT PRINT #1;D$
520    ASSIGN #1 TO *
530    ASSIGN #1 TO "NUM1:H7"
540    PRINT #1;N
550    ASSIGN #1 TO *
560    PRINT #1
561    END

```

APENDICE 2

PROGRAMA QUE ANALIZA LAS PALABRAS ,PRIMER ALGORITMO.

```

10  OPTION BASE 1
20  DIM A$(14)[1]
30  DIM B$(784)[2]
40  DIM C$(1)[6000]
50  DIM R(784,14)
60  DIM Col(14)
70  DIM Ren(784)
80  DIM D(14)
90  DIM E(784)
100 PRINT IS 16
110 MAT R=(0)
120 ASSIGN #2 TO "ALFA1:H7"
130 MAT READ #2;A$
140 ASSIGN #2 TO *
150 ! MAT PRINT A$
160 ASSIGN #2 TO "BETA:H7"
170 MAT READ #2;B$
180 ASSIGN #2 TO *
190 ! MAT PRINT B$
200 ASSIGN #2 TO "GAMA:H7"
210 READ #2;C$(1)
220 ASSIGN #2 TO *
230 ! MAT PRINT C$
240 PRINT PAGE
250 PRINT "AQUI EMPIEZA LA ITERACION"
260 FOR I=1 TO 5002
270 FOR K=1 TO 784
280 FOR J=1 TO 14
290 IF C$(1)[I,I+2]=B$(K)[1,2]&A$(J)[1] THEN R(K,J)=R(K,J)+1
300 NEXT J
310 NEXT K
320 BEEP
330 NEXT I
340 PRINT "AQUI TERMINA LA ITERACION"
350 PRINT "PRESIONE CONT"
360 BEEP
370 PAUSE
380 MAT Col=CSUM(R)
390 PRINT "SUMA DE COLUMNAS:";Col(*)
400 PRINT "SUMA DE RENGLONES:";Ren(*)
410 ASSIGN #1 TO "PSI11:H7"
420 PRINT #1;Col(*)
430 ASSIGN #1 TO *
440 MAT Ren=RSUM(R)
450 ASSIGN #1 TO "TETRA11:H7"
460 PRINT #1;Ren(*)
470 ASSIGN #1 TO *
480 ASSIGN #2 TO "PSI11:H7"
490 READ #2;D(*)
500 PRINT "SUMA DE COLUMNAS DEL ARCHIVO PSI11:";D(*)
510 ASSIGN #2 TO "TETRA11:H7"
520 READ #2;E(*)
530 ASSIGN #2 TO *
540 PRINT "SUMA DE RENGLONES DEL ARCHIVO TETRA1:";E(*)
550 END

```

APENDICE 3.

Análisis de palabras,segundo algoritmo.

```

10  ! PROGRAMA QUE ANALIZA CARACTERES ,32000 CADA VEZ.
20  ! ENCUENTRA LA FRECUENCIA DE APARICION DE TRIADAS,DIADAS Y LETRAS
30  OPTION BASE 1
40  DIM C$(1)[32000]
50  SHORT R(784,28),Col(28),Ren(784)
60  PRINTER IS 16
70  ASSIGN #2 TO "BETTJ:H7" !CON j=1,2,...,13
80  READ #2;C$(1)
90  ASSIGN #2 TO *
100 PRINT C$(1)[31750,31800]
110 PAUSE
120 ASSIGN #2 TO "MAS1:H7"
130 READ #2;N
140 ASSIGN #2 TO *
141 N1=1
150 PRINT "LAS ITERACIONES QUE SE HAN HECHO SON:N=",N
160 PRINT "HASTA QUE NUMERO DE ITERACION QUIERE REALIZAR."
170 INPUT N1
180 ASSIGN #2 TO "ZETAT2:H7"
190 MAT READ #2;R
200 ASSIGN #2 TO *
201 M=M1-N
210 PRINT PAGE
220 BEEP
230 FOR I=M1 TO M
240 A=NUM(C$(1)[I])-63
250 IF A=-31 THEN A=A+59
260 IF A<1 THEN 370
270 B=NUM(C$(1)[I+1])-63
280 IF B=-31 THEN B=B+59
290 IF B<1 THEN 370
300 D=A*28+B-28
310 E=NUM(C$(1)[I+2])-63
320 IF E=-31 THEN E=E+59
330 IF E<1 THEN 370
340 R<D,E>=R<D,E>+1
350 N=N+1
360 N1=N1+1
370 NEXT I
380 BEEP
390 PRINT "AQUI TERMINA LA ITERACION PARA N=",N,"Y N1 VA EN:",N1
410 ASSIGN #1 TO "MAS1:H7"
420 PRINT #1;N
430 ASSIGN #1 TO *
440 ASSIGN #1 TO "ZETAT2:H7"
450 PRINT #1;R(*)
460 ASSIGN #1 TO *
470 PRINT "VAN:N=",N,"ITERACIONES"
480 PRINT "DESEA CONTINUAR CON MAS ITERACIONES?,SI/NO"
490 INPUT D$
500 IF D$="NO" THEN 520
510 GOTO 160
520 PRINT "YA METIO TODOS LOS ARCHIVOS QUE SE VAN A ANALIZAR?,SI/NO"
530 INPUT Q$
540 IF Q$="NO" THEN 650
550 MAT Col=CSUM(R)
560 PRINT "SUMA DE COLUMNAS:";Col(*)
570 MAT Ren=RSUM(R)
580 PRINT "SUMA DE RENGLONES:";Ren(*)
590 ASSIGN #1 TO "PSIT2:H7"
600 PRINT #1;Col(*)
610 ASSIGN #1 TO *

```

---Continuación---
APENDICE 3.

```
620 ASSIGN #1 TO "TETAT2:H7"  
630 PRINT #1;Ren(*)  
640 ASSIGN #1 TO *  
650 PRINT "FINALIZO"  
660 END  
670 PRINT "NO CORPER ..NUNCA..DESPUES DE LA PRIMERA VEZ"  
680 H=1  
690 ASSIGN #1 TO "MAS1:H7"  
700 PRINT #1;H  
710 ASSIGN #1 TO *  
720 PRINT H  
730 MAT R=(0)  
740 MAT Ren=(0)  
750 MAT Col=(0)  
760 ASSIGN #1 TO "TETAT2:H7"  
770 PRINT #1;Ren(*)  
780 ASSIGN #1 TO *  
790 ASSIGN #1 TO "PSIT2:H7"  
800 PRINT #1;Col(*)  
810 ASSIGN #1 TO *  
820 ASSIGN #1 TO "ZETAT2:H7"  
830 PRINT #1;R(*)  
840 ASSIGN #1 TO *  
850 END
```

APENDICE 4.

```

1      ! PROGRAMA QUE ENCUENTRA LAS PALABRAS CON SENTIDO DE 4 O 5 LETRAS
10     OPTION BASE 1
20     DIM C$(1)[32000]
30     DIM A$(1000)[5]
40     PRINTER IS 16
50     ASSIGN #2 TO "BETTi:H7,0,1" ! CON i=1,...,13
60     READ #2;C$(1)
70     ASSIGN #2 TO *
80     ! MAT PRINT C$
120    K=1
130    FOR I=1 TO 31790
140    IF C$(1)[I+5,I+5]<>" " THEN 360 ! PARA 4 LETRAS ES I+4
150    IF C$(1)[I-1,I-1]<>" " THEN 360
160    IF C$(1)[I,I]= " " THEN 360
170    IF C$(1)[I+1,I+1]= " " THEN 360
180    IF C$(1)[I+2,I+2]= " " THEN 360
190    IF C$(1)[I+3,I+3]= " " THEN 360
200    IF C$(1)[I+4,I+4]= " " THEN 360 ! PARA 4 LETRAS,ESTA LINEA NO APARECE
210    A$(K)=C$(1)[I,I+4] ! PARA 4 LETRAS, ES C$(1)[I,I+3]
211    ! PRINT A$(K),K
350    K=K+1
360    NEXT I
370    IMAGE 4X5A4X
380    PRINT USING 370;A$(*)
410    PRINT "EL # DE PALABRAS DE 4 O 5 LETRAS EN ESTE ARCHIVO SON",K
411    PRINT "FINALIZO"
420    END

```

APENDICE 5. Audiometrías.

Para hacer una buena audiometría se requieren dos cosas:

- 1) Que las condiciones de ruido ambiente sean las adecuadas.
- 2) Que el audiómetro (B&K 1800) este calibrado.

Condiciones de ruido ambiente.

Las condiciones de ruido ambiente aceptadas por la ISO están recopiladas en la norma R-389²¹. Otra norma aceptada es la British Standard For Normal Hearing, descrita por Taylor, Burns y Mair (1964). La tabla XX muestra los niveles máximos permisibles de ruido según Burns et al²².

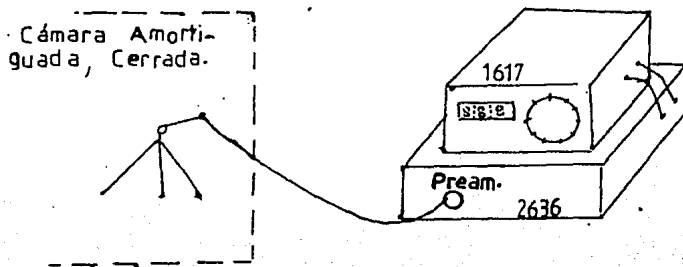
TABLA XX. Ruido Máximo Permissible en Audiometrías en recintos cerrados, para mediciones del nivel de umbral a 0 dB.

Frec. & centro de la frec. crítica, & bandas de octava. Hz.	Máximo permissible NPS por Octava en una Audiometría encerrada. dB.
125	22
250	16
500	18
1000	26
2000	36
3000	39.5
4000	38.5
6000	40
8000	34.5

Estos valores máximos permisibles son calculados para auriculares TDH 39 con cojín MX 41/AR. Diferentes auriculares pueden involucrar algunas modificaciones. Los valores NPS dados pueden tener un error desde +3 a +4 dB debido al enmascaramiento de ruido cuando se mide el umbral de -10 dB. Para la medición correcta de este último, los valores permisibles de NPS serán 10 dB menos, en cada caso, a lo aquí especificado.

Para garantizar las condiciones adecuadas de ruido ambiente, se cuenta con una cámara amortiguada la cual cumple con los límites establecidos. Para fundamentar esto se instaló el dispositivo experimental mostrado en el esquema 9. Se utilizó un amplificador B&K 2636, un conjunto de filtros B&K 1617, un micrófono B&K 4165 y un calibrador de nivel de presión B&K 4230.

ESQUEMA 9.



Para calibrar el amplificador (2636), se pone el calibrador (4230) en el micrófono, previamente conectado a un preamplificador y se ajusta el amplificador (2636) a que dé 93.4 dB.

Los controles del amplificador se conectaron en :

Slow, Normal, log 30dB, en preamplificador, Lineal, externo.
La ganancia en: Input 50dB-30mV, Output 5dB-de 0-300 multiple de vol.

En el conjunto de filtros se eligieron bandas por tercia de octavas, en el rango de 2 Hz a 160 KHz. y modo normal.

Se midió el nivel de ruido en la cámara amortiguada y se obtuvo lo siguiente:

TABLA XXI. Niveles de ruido ambiente en la cámara amortiguada, y los niveles máximos permisibles según Burns et al.

Frecuencia Hz	Nivel medido dB	Límites según Burns. dB.
200	22.0	22
250	17.0	16
500	17.0	18
1000	7.5	26
2000	9.0	26
4000	10.0	38.5
8000	10.5	34.5

Comparando con los límites establecidos por Burns, se observa que son bastante aceptables.

Para mayor información sobre esta cámara ver el informe técnico #113-123 .

Calibración.

Para calibrar el audiómetro se requiere:

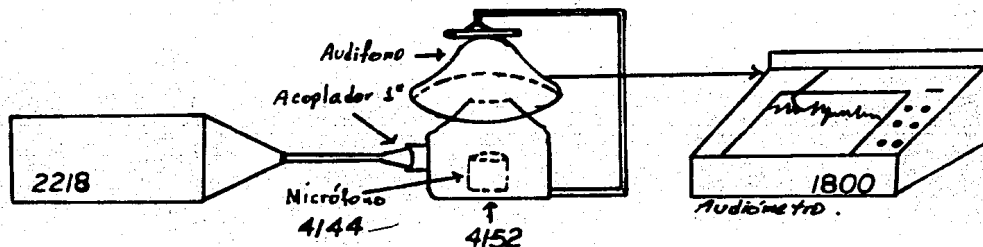
Medidor de nivel 2218 de B&K
Micrófono 4144
Adaptador de micrófono de una pulgada
Oído artificial 4152 de B&K
Calibrador 4230

Procedimiento.

1- Para calibrar el micrófono se coloca en éste, en el medidor de nivel (2218) a continuación se pone el calibrador sobre el micrófono, se prende el medidor de nivel y se ajusta (con el tornillo de ajuste en el medidor de nivel) a que de 93.4 dB de nivel, cuando el calibrador este prendido.

2- Se arma el siguiente dispositivo, en el recinto amortiguado:

Esquema 10.



Los audifonos deben quedar perfectamente diferenciados, uno para el oído izquierdo y otro para el derecho, y se prueban uno a la vez.

Una vez encendido el audiómetro y el medidor de nivel (2218) se procede a iniciar la prueba "TEST", con el cual se varían los anchos de banda, para cada uno de ellos se compara el nivel que el medidor de nivel da, con la siguiente tabla:

TABLA XXII. Tolerancias en la calibración de audiómetros con los micrófonos 4152 y 4153.

Frecuencia Hz	DB0909(4152) acoplador SPL dB	4153 acoplador SPL dB	Tolerancia dB
500	103.5	103.5	+ 2
1000	97.0	98.0	+ 2
2000	101.0	100.5	+ 2
3000	99.5	101.5	+ 2
4000	100.5	103.5	+ 3
6000	103.5	103.5	+ 3
8000	103.0	106.0	+ 4

Si no coinciden dentro del rango establecido, se ajustan los diferentes anchos de banda con los correspondientes tornillos de ajuste. En la tabla XXII se muestran los resultados finales en los cuales queda el audiómetro después de ser calibrado, observese que cumplen con las tolerancias establecidas en la tabla XXII, el micrófono utilizado fue el 4165 de B&K, similar al 4152 de la tabla XXIII.

Para mayor información sobre este audiómetro ver el manual de uso²⁴.

TABLA XXII. Niveles finales medidos en el audiómetro 1800 de B&K.

Frecuencia Hz	Audifono Izq. dB	Audifono Der. dB
500	103.5	103.6
1000	96.4	97.0
2000	102.0	101.7
3000	99.7	99.3
4000	100.3	100.4
6000	101.5	101.2
8000	98.8	99.0

Una vez calibrado el audiómetro se procedió a realizar las audiometrías. En el siguiente esquema se muestra una de ellas.

El umbral promedio es el cero en el esquema 12, el signo positivo es la pérdida de audición, el negativo es la ganancia con respecto al promedio.

ESQUEMA 14. Audiometria realizada con el audiómetro 1800 .

NAME *Suiza Jalte*

DATE *7-III-86* TIME *10.30*

ID No.

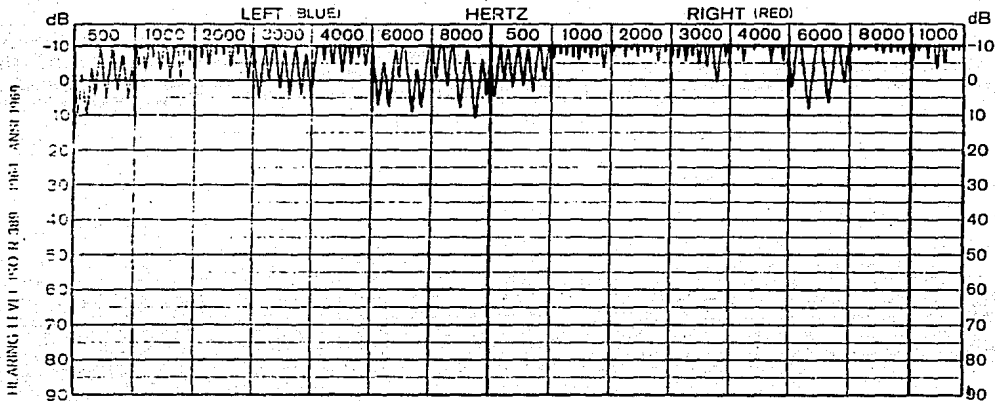
AGE *23*

OPERATOR *A. Castoreda*

REMARKS

LOCATION *Lab de Acústica*

AUDIOMETER *Tipo 1800 de Byk*



QP 0005

Brüel & Kjær Nærum, Denmark



Referencias.

- 1.- C.E. Shannon, A Mathematical Theory of Communication, The Bell System in Technical Journal, Julio 1948, pp 379-423 y 623-657.
- 2.- Arturo García del Busto, Entropía del Idioma Español, Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología, Mayo-Agosto 1970, Vol IV-n2, pp 94-133.
- 3.- Norman R. French, Charles W. Carter Jr., Walter Koenig j., The Words and Sound of Telephone Conversations, Bell System Technical Journal, pp 290-324.
- 4.- Manual de Basic para la HP 45.
- 5.- Karl D. Kryter, Methods for the Calculation and Use of the Articulation Index, Journal of the Acoustical Society of America; Nov. 1962, Vol. 34, pp 1689-1697.
- 6.- H. Fletcher y J.C. Steinberg, Articulation Testing Methods, Bell System Technical Journal, 1929, pp 806-854.
- 7.- V.M.A. Peutz, Articulation Loss of Consonantes, Journal of The Audio Engineering Society, Dis. 1971, Vol. 19. pp 915-919.
- 8.- Karl D. Kryter, The Effects of Noise on Man, Academic Press, Inc, 1985.
- 9.- D.N. Kalikow, K.N. Stevens y L.L. Elliott, Development of a Test of Speech Intelligibility in Noise Using Sentence Materials With Controlled Word Predictability, J. Acoust. Soc. Amer., Mayo 1977, Vol 61, N=5.
- 10.- James P. Egan, Articulation Testing Methods, Laryngoscope, 1948, Vol 58, pp 955-991.
- 11.- N.R. French y J.C. Steinberg, Factors Governing the Intelligibility of Speech Sound, J. Acoust. Soc. Amer. 19: 90-119 (1946).
- 12.- Leo. L. Beranek, Acoustics, McGraw-Hill (1954), pp 406-416.
- 13.- J.P.A. Lochner y J.F. Burger, The Influence of Reflections on Auditorium Acoustics, Journal of Sound and Vibration, 1964, Vol. 4, pp 426-454.
- 14.- Sabine W.C., Collected Papers in Acoustics, Harvard Univ., Press Cambridge, Mass.
- 15.- Harry F. Olson, Acoustical Engineering, Van Nostrand company Inc., Oct. 1967, pp 500-502.
- 16.- Knudsen Vern O., Cyril M Harris, Acoustical Designing in Architecture, Published by the American Institute of Physics for the Acoustical Society of America, 1978.
- 17.- Architectural Acoustics, ed Thomas D. Northwood, Benchmark Papers in Acoustics Vol. 10.

- 18.- Leo. L. Beranek, Acoustic Measurements, John Wiley & Sons, 1949, pp 761-792.
- 19.- IEC 645 audiometers (Tipo 4)
- 20.- ANSI S 36-1969 Specifications for audiometers.
- 21.- Reference Equivalent Threshold Sound Pressure Levels for Audiometry, M.E. Delany and L.S. Whittle, Acoustical, Vol. 18 (1967) pp. 227
- 22.- Williams Burns, Noise And Man, segunda edición 1973, Williams Clowes & Sons.
- 23.- Antonio Pérez Lopez y Ricardo Ruiz B., Informe Técnico CIUNAM del proyecto B-113-1 del Departamento de Diseño, Planeación y supervisión de la Construcción de una Cámara Amortiguada para el Laboratorio de Acústica, Marzo de 1986.
- 24.- Instruction Manual, Audiometer Type 1800, Revised March of 1981.
- 25.- L.E. Kinsler, Austin R. Frey, A.B. Coppers y J.V. Sanders, Fundamentals of Acoustics, John Wiley & Sons Inc., tercera Edición 1982.
- 26.- Physical Acoustics, Principles and Methods, Vol. I-Parte B, editado por W.P. Mason, Academic Press, 1964.
- 27.- Richard M. Warren, Auditory Perception; A New synthesis, Pergamon General Psychology series, Pergamon Press Inc., 1982.
- 28.- Joseph B. Chaiklin, Ira m. Ventry, Richard F. Dixon, Hearing Measurement, A Book of Readings, Parte III, pp 173-278, 2.- edición , Addison Wesley, 1982.
- 29.- David Alan Bies, Uses of Anechoic and Reverberant Rooms for the Investigation of Noise Sources, Noise Control Engineering, Nov-Dic. 1976.